



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

SAMUEL FRANÇA DE PAIVA

**RESTRIÇÃO ALIMENTAR EM OVINOS DESLANADOS EM CRESCIMENTO,
EFEITOS SOBRE DIGESTÃO, METABOLISMO DE NITROGÊNIO E
QUALIDADE DE CARÇAÇA**

FORTALEZA

2021

SAMUEL FRANÇA DE PAIVA

RESTRIÇÃO ALIMENTAR EM OVINOS DESLANADOS EM CRESCIMENTO, EFEITOS
SOBRE DIGESTÃO, METABOLISMO DE NITROGÊNIO E QUALIDADE DE CARCAÇA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para à obtenção do título de Mestre. Área de concentração: Produção de ruminantes, forragicultura e pastagens.

Orientadora: Profa. Elzania Sales Pereira.

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- P17r Paiva, Samuel França de.
Restrição alimentar em ovinos deslanados em crescimento, efeitos sobre digestão, metabolismo de nitrogênio e qualidade de carcaça / Samuel França de Paiva. – 2021.
54 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Fortaleza, 2021.
Orientação: Prof. Dr. Elzania Sales Pereira.
1. Dorper x Santa Inês. 2. Restrição alimentar. 3. Purinas. 4. Ácidos graxos. I. Título.
- CDD 636.08
-

SAMUEL FRANÇA DE PAIVA

RESTRIÇÃO ALIMENTAR EM OVINOS DESLANADOS EM CRESCIMENTO,
EFEITOS SOBRE DIGESTÃO, METABOLISMO DE NITROGÊNIO E QUALIDADE
DE CARCAÇA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para à obtenção do título de Mestre. Área de concentração: Produção de ruminantes, forragicultura e pastagens.

Aprovada em: 17 / 12 / 2021.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Elzania Sales Pereira (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Luciano Pinheiro da Silva
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Andréa Pereira Pinto
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. João Paulo Pacheco Rodrigues
Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA)

À minha mãe Fátima França e a minha irmã Sarah França, pelo amor, carinho, força e apoio incondicional.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela saúde e por estar sempre ao meu lado.

À minha mãe Fátima França e a minha irmã Sarah França, meus alicerces. Obrigado por todo o amor, paciência e apoio.

À Universidade Federal do Ceará. Um grande orgulho estudar e fazer parte dessa instituição.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

À minha orientadora Prof^ª Dr^ª Elzania Sales Pereira, pela sua completa dedicação à pesquisa e exemplo de profissionalismo. Muito obrigado pelos ensinamentos que levarei para a vida.

Aos professores participantes da banca examinadora Luciano Silva, Andréa Pereira Pinto e João Paulo Rodrigues pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos professores do programa de pós-graduação em Zootecnia - UFC.

Ao professor Francisco Ramos de Carvalho e sua equipe pelo apoio no Laboratório de Carne do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) para a realização das análises de qualidade de carne.

Ao Thiago Araújo e a Embrapa Gado de Corte, pela realização da análise de perfil lipídico da carne.

À professora Tereza Trevisan, do Departamento de Química Orgânica e Inorgânica, pelo apoio nas análises de oxidação lipídica da carne.

À Jocely Gomes, PNPd – PPGZ, pelo auxílio e colaboração desse trabalho.

Aos profissionais do Laboratório de Nutrição Animal (LANA), pelo suporte laboratorial.

À Mayara Araújo e a Leila Tavares, pela amizade, companheirismo e profissionalismo nesses dois anos. Obrigado pelo apoio e suporte nos experimentos e análises laboratoriais.

Aos meus irmãos, Eugênio Melo e Wallace Lima pelo companheirismo, amizade e fraternidade. Com vocês, a caminhada foi mais leve. Obrigado!

Ao Manoel Justino e Francineuda Silva, *in memoriam*, meu pai e prima. Saudades eternas.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código do Financiamento 88882.454002/2019-01.

Medo é a ferramenta de um diabo idealizado pelo homem. A fé inabalável em si mesmo é tanto a arma que derrota este diabo quanto a ferramenta que o homem utiliza para construir uma vida de sucesso. E é mais do que isso. É uma conexão direta com as forças irresistíveis do universo que apoiam o homem que não acredita em fracassos e derrotas, senão como experiências meramente temporárias. (Napoleão Hill)

RESUMO

Com uma irregularidade pluviométrica, a produção de ruminantes em sistemas extensivos baseados em pastagens nativa no semiárido nordestino é afetada por longos períodos de restrição alimentar quantitativa o que impacta no desempenho e características de carcaças, afetando a comercialização dos seus produtos. Objetivou-se com esse estudo avaliar os efeitos de diferentes níveis de restrição alimentar sobre o desempenho, digestibilidade de nutrientes, derivados de purinas (DP), características físico-químicas e perfil de ácidos graxos (AG) da carne de cordeiros Dorper x Santa Inês. Trinta cordeiros machos, inteiros, Dorper x Santa Inês ($31 \pm 1,28$ kg de peso corporal inicial e quatro meses de idade) foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado em três níveis de restrição alimentar (0, 30 e 60% na matéria seca (MS)) por 84 dias. A digestibilidade da MS, matéria orgânica, proteína bruta, fibra em detergente neutro e carboidratos totais apresentaram maiores valores para os animais em restrição alimentar de 60% MS. A eficiência de síntese de proteína bruta microbiana (ESP_{Bmic}) foi maior para os animais em restrição alimentar de 60% MS. Conforme aumentou o nível de restrição alimentar, o ganho médio diário dos cordeiros reduziu de 192,2 para -31,0 g/dia. A gordura da carne apresentou menor concentração nos animais em restrição alimentar de 60% MS. O pH diminuiu de 5,72 para 5,57 conforme houve aumento do nível de restrição alimentar. A carne dos animais alimentados em nível de restrição alimentar de 60% MS apresentaram maiores concentrações de AG saturados, AG monoinsaturados, AG poliinsaturados, C14:0, n6:n3 e índice de trombogenicidade. Em conclusão, cordeiros submetidos à restrição alimentar de 60% MS apresentaram maior digestibilidade de nutrientes e ESP_{Bmic}, do mesmo modo que a carne desses animais apresentaram maiores teores de C12:0, C14:0 e C16:0, que são AG considerados menos benéficos para a saúde dos consumidores.

Palavras-chave: Dorper x Santa Inês; restrição alimentar; purinas; ácidos graxos.

ABSTRACT

With an irregular rainfall, ruminant production in extensive systems based on native pasture in the semi-arid northeastern region is affected by long periods of quantitative feed restriction, which impacts the performance and carcass traits, affecting the commercialization of their products. This study aimed to evaluate the effects of different levels of feed restriction on the performance, nutrient digestibility, purine derivative (PD), physicochemical properties and fatty acid (FA) profile of crossbred lamb meat. Thirty Dorper x Santa Ines intact, male, lambs (31 ± 1.28 kg initial body weight (BW) and 4 months of age) were distributed in a completely randomized design and were subjected to three levels of feed restriction (0, 30 and 60% dry matter (DM)) for 84 days. The DM, organic matter, crude protein, neutral detergent fiber and total carbohydrate digestibility were higher in animals subjected to 60% DM feed restriction. The microbial crude protein (MCP) synthesis efficiency was highest for animals subjected to 60% DM feed restriction. The average daily gain decreased from 192.2 to -31.0 g/day with increasing levels of feed restriction. Meat fat content was lower in animals under 60% feed restriction. The pH decreased from 5.72 to 5.57 with increasing feed restriction. Animals under 60% DM feed restriction had increased concentrations of saturated FA, C14:0, *n6:n3* and thrombogenicity index in meat; however, this level of feed restriction resulted in higher levels of monounsaturated and polyunsaturated FA. In conclusion, lambs subjected to feed restriction at 60% DM showed greater DM digestibility and MCP. Meat of lambs subjected to 60% DM feed restriction had higher contents of C12:0, C14:0, and C16:0, which are considered less beneficial for consumers' health.

Keywords: Dorper x Santa Ines; feed restriction; purines; fat acids.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Carcaça quente ovina.....	27
Figura 2 - Mensuração de pH 24h <i>post mortem</i>	27
Figura 3 - Largura da garupa.....	28
Figura 4 - Comprimento interno da carcaça.....	28
Figura 5 - Comprimento do pernil.....	29
Figura 6 - Divisão da carcaça em cortes comerciais.	29
Figura 7 - Mensuração da AOL.....	30
Figura 8 - Mensuração da EGS.	30
Figura 9 - Avaliação da cor	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição da ração experimental	24
Tabela 2 - Consumo de nutrientes (kg) em cordeiros Dorper x Santa Inês submetidos a diferentes níveis de restrição alimentar	34
Tabela 3 - Digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes em cordeiros Dorper x Santa Inês submetidos a diferentes níveis de restrição alimentar	35
Tabela 4 - Balanço de nitrogênio, excreção de derivados de purina e eficiência de produção e síntese de proteína microbiana de cordeiros Dorper x Santa Inês submetidos a diferentes níveis de restrição alimentar	36
Tabela 5 - Desempenho, características de carcaças e medidas morfométricas de cordeiros Dorper x Santa Inês submetidos a diferentes níveis de restrição alimentar	37
Tabela 6 - Peso e rendimento de cortes comerciais de cordeiros Dorper x Santa Inês submetidos a diferentes níveis de restrição alimentar	38
Tabela 7 - Composição físico-química e parâmetros de qualidade de carne do músculo <i>Longissimus lumborum</i> de cordeiros Dorper x Santa Inês submetidos a diferentes níveis de restrição alimentar	39
Tabela 8 - Perfil de ácidos graxos (AG) do músculo <i>Longissimus lumborum</i> de cordeiros Dorper x Santa Inês submetidos a diferentes níveis de restrição alimentar	40
Tabela 9 - Índices lipídicos e atividade de enzimas do músculo <i>Longissimus lumborum</i> de cordeiros Dorper x Santa Inês submetidos a diferentes níveis de restrição alimentar	41

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1	Características de ovinos cruzados Dorper x Santa Inês.....	14
2.2	Crescimento animal.....	15
2.3	Restrição alimentar quantitativa	15
2.4	Atributos da qualidade da carne de ruminantes.....	17
3	MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1	Localização, animais e delineamento experimental.....	23
3.2	Análises laboratoriais	26
3.3	Avaliações morfométricas	26
3.5	Perfil de ácidos graxos.....	32
3.6	Análise estatística	33
4	RESULTADOS	34
5	DISCUSSÃO	42
6	CONCLUSÃO.....	45
	REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

Grande parte da população de ovinos tem suas exigências nutricionais atendidas por pastagens nativas e resíduos de colheitas em regiões tropicais e subtropicais. Nessas áreas, é de suma importância a presença de raças ovinas adaptadas ao clima e ao tipo de alimento disponível (ESCRIBANO *et al.*, 2020). As condições edafoclimáticas das regiões semiáridas limitam a eficiência dos sistemas extensivos da produção animal devido à baixa disponibilidade de alimentos e água que ocorre durante a estação seca (MOURA *et al.*, 2020). A disponibilidade de pastagens e forragens são fatores importantes que são influenciados pela estação seca, que periodicamente submete esses animais a restrições alimentares (TIKAM *et al.*, 2015) causando forte impacto nas respostas fisiológicas (DE *et al.*, 2014), parâmetros nutricionais (PEREIRA *et al.*, 2018) e qualidade da carne (ARAÚJO *et al.*, 2017).

A restrição alimentar se caracteriza pela redução da quantidade de alimento disponível para o consumo animal, sendo de forma quantitativa ou qualitativa. A restrição alimentar quantitativa pode ser naturalmente ou imposta para obter as exigências nutricionais e ganho compensatório. O conhecimento dos efeitos da restrição alimentar na taxa de crescimento e na eficiência de utilização da alimentação é importante por motivos econômicos indicando que a restrição alimentar em cordeiros inibiria a produção e que não seria economicamente viável realizá-la para obter uma maior eficiência de conversão de energia (MARAIS *et al.*, 1991). A taxa de crescimento lenta afeta diretamente o peso corporal e, portanto, a lucratividade da fazenda (BANGAR *et al.*, 2021).

Essa condição nutricional nos ruminantes implica em um maior tempo de retenção das partículas fibrosas no rúmen e maior ação da microbiota sobre o substrato. No rúmen, um maior tempo de retenção aumentará a digestibilidades dos nutrientes, maior síntese de proteína microbiana e aumento do processo de biohidrogenação de ácidos graxos polinsaturados (AGPI), diminuindo a sua toxicidade para os microrganismos ruminais e, como resultado, aumentando a deposição de ácidos graxos saturados (AGS) na carne (WOOD; ENSER, 1997).

Existem diversos fatores que determinam a qualidade da carne, destacando-se a preocupação com a saúde, principalmente em relação à quantidade de gordura (WOOD; ENSER, 1997). Os ruminantes podem alterar a concentração de gordura e o perfil de AG da carne quando submetido a diferentes planos alimentares (ARAÚJO *et al.*, 2017). Portanto, a qualidade da carne pode ser influenciada pela nutrição, principalmente por meio de seus efeitos sobre a quantidade de gordura e o perfil de AG.

Em situações que a oferta de alimentos é escassa, animais com alta resistência a condições desfavoráveis utilizam mecanismos adaptativos para sobreviverem (SUDARMAN;

ITO, 2000) já que, no geral as raças nativas, como a Santa Inês, da região Nordeste do Brasil apresentam características rústicas adaptativas à tais condições edafoclimáticas. No entanto, estes animais têm falta de precocidade de acabamento e qualidade de carcaça (BARROS *et al.*, 2005).

O objetivo do presente estudo foi avaliar diferentes níveis alimentares no desempenho, digestibilidade de nutrientes, derivados de purina, qualidade da carne e o perfil de AG na carne de cordeiros Dorper x Santa Inês.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Características de ovinos cruzados Dorper x Santa Inês

Cruzamentos entre raças têm sido muito utilizados com o objetivo não apenas de aumentar a capacidade produtiva dos rebanhos ovinos, favorecendo as características desejáveis de cada raça e a exploração da heterose (CARNEIRO *et al.*, 2007), mas também com o intuito de proporcionar benefícios na qualidade da carne, principalmente no que diz respeito ao seu perfil lipídico (COSTA *et al.*, 2009). Animais com alta resistência a condições desfavoráveis utilizam mecanismos adaptativos para sobreviverem em situações que a oferta de alimentos é escassa (SUDARMAN; ITO, 2000) uma vez que, no geral as raças nativas ou naturalizadas da região Nordeste do Brasil, como a Santa Inês, apresentam características rústicas adaptativas à tais condições edafoclimáticas (PRADO *et al.*, 2017).

No entanto, estes animais têm falta de precocidade de acabamento e qualidade de carcaça (BARROS *et al.*, 2005). A eficiência da produção de carne ovina pode ser melhorada usando sistemas de alimentação intensivos combinados com cruzamentos para incorporar os pontos fortes de diferentes raças em uma produção de ovinos (SOUSA *et al.*, 2013). A raça Santa Inês que é encontrada em todo o Nordeste e em regiões do Sudeste, apresenta potencial para produção de carne de melhor valor nutricional, devido ao menor teor de gordura e melhor relação entre ácidos graxos polinsaturados e saturados (MAIA *et al.*, 2012) sendo apontada como alternativa promissora para cruzamentos com objetivo de produzir cordeiros de corte mais precoces, com capacidade adaptativa e rusticidade (MADRUGA *et al.*, 2006).

A raça Dorper, originária da África do Sul, apresenta desenvolvimento bem definido, sendo um animal especializado para corte com grande capacidade de crescimento e boa habilidade materna (CAVALCANTE; WANDER; LEITE, 2005). A maior precocidade e acabamento da raça Dorper lhe confere rápida deposição de gordura na carcaça, principalmente quando criados em confinamento, com meta de abate a ser realizado com peso corporal de 30 a 33 kg (ROSANOVA; SILVA SOBRINHO; GONZAGA NETO, 2005). Os efeitos da raça e idade ao abate em ovinos Dorper e Merino foram estudados por Webb, Casey e Niekerk (1995). Os autores observaram que a deposição de gordura subcutânea diferiu entre as raças, sendo a Dorper mais propensa ao acúmulo de gordura.

O cruzamento Dorper x Santa Inês apresenta grande importância para a produção de carne ovina. O cruzamento entre a raça Dorper e a raça Santa Inês aumentou a quantidade dos tecidos muscular e adiposo na região mais nobre da carcaça dos cordeiros, que é a garupa, sendo importante do ponto de vista comercial (CARTAXO *et al.*, 2017). Segundo Sousa *et al.* (2019) esse resultado pode ser atribuído à heterose e complementaridade das raças, mostrando

que os animais cruzados são mais eficientes na produção da porção comestível da carcaça. O cruzamento de Santa Inês e Dorper promove melhorias nas características qualitativas da carcaça e aumenta o peso da carcaça fria e cortes comerciais, além de garantir maiores quantidades e porcentagem de músculo na carcaça (SOUZA *et al.*, 2013).

2.2 Crescimento animal

Pesquisas e informações sobre curvas de crescimento, composição corporal e desenvolvimento dos animais de raças tropicais ainda são limitadas e estabelecem bases importantes para a eficiência do sistema de produção (SOUSA *et al.*, 2019). O crescimento é definido quando ocorre um aumento no número e volume das células do animal sendo também, o resultado da diferença entre síntese e degradação dos tecidos e as perdas que ocorrem como energia, nitrogênio e minerais ocasionados pela excreção (HORNICK *et al.*, 2000; GOIS *et al.*, 2018). Como regra geral, os ovinos apresentam uma curva sigmóide de crescimento, onde inicialmente é rápido, fica mais lento com a aproximação da puberdade e declina progressivamente até a fase adulta (GOIS *et al.*, 2018). O crescimento relativo dos tecidos tem a seguinte ordem: osso, músculo e gordura (pélvico-renal e subcutânea), sendo que a deposição de gordura aumenta com a idade dos cordeiros (SANTOS *et al.*, 2013).

As curvas de crescimentos destes tecidos (ósseo, muscular e adiposo), em função do aumento do peso dos animais, apresentam padrões distintos. Os músculos têm crescimento mais acelerado em animais mais jovens e a gordura apresenta crescimento mais acentuado em animais mais maduros, sendo que os ossos apresentam menor velocidade de crescimento que os demais componentes (SANTOS *et al.*, 2001). Mesmo se o animal for alimentado em níveis de manutenção, a deposição muscular é próxima de zero, porém a gordura continua sendo mobilizada e o peso dos órgãos metabolicamente ativos como fígado e vísceras reduzem acentuadamente (HORNICK *et al.*, 2000).

2.3 Restrição alimentar quantitativa

A restrição alimentar se caracteriza pela redução da quantidade de alimento disponível para o consumo animal, sendo de forma quantitativa ou qualitativa. A restrição alimentar quantitativa pode ser naturalmente ou imposta para obter as exigências nutricionais e ganho compensatório. Enquanto uma restrição alimentar qualitativa está relacionada a qualidade dos alimentos e a digestibilidade dos nutrientes para a produção animal. As condições edafoclimáticas das regiões semiáridas limitam a eficiência dos sistemas extensivos da

produção animal devido à baixa disponibilidade de alimentos e água que ocorre durante a estação seca (MOURA *et al.*, 2020).

Em determinados sistemas, contudo, reduzir a quantidade da oferta de alimento para os animais também pode ser realizada intencionalmente com o intuito de otimizar, poupar os recursos existentes e explorar o crescimento compensatório (PEREIRA FILHO *et al.*, 2005). Esses autores ainda afirmam que a restrição alimentar praticada em níveis moderados mantém a eficiência alimentar e reduz as perdas com alimentação. No estado pós-absortivo, os ruminantes passam a mobilizar e utilizar fontes energéticas alternativas aos ácidos graxos voláteis, a gliconeogênese hepática passa a utilizar como substrato a alanina, glicina e glicerol para a manutenção da glicemia, e a oxidação de aminoácidos e ácidos graxos não esterificados supre parte da demanda energética (KOZLOSKI, 2002).

Pereira *et al.* (2017) em um estudo para avaliar as exigências de energia e proteína para o crescimento e manutenção de cordeiros de diferentes classes sexuais (machos castrados e não-castrados) submetidos a três níveis de restrição alimentar (0, 30 e 60%), observou que a restrição alimentar foi um fator que influenciou a composição corporal induzindo uma redução do conteúdo de gordura corporal e conseqüente redução do conteúdo de energia corporal. Ou seja, os autores mencionam que cordeiros submetidos à restrição alimentar direcionaram a maior parte de seus nutrientes para atender as exigências de manutenção, pois esta passa a ser prioridade em animais submetidos a restrições alimentares, resultando em menos nutrientes direcionados ao ganho de peso e reduzindo o acúmulo de gordura.

Avaliando níveis de restrição alimentar (0, 30 e 60%) em cabritos Boer x Saanen, Pereira Filho *et al.* (2005), observaram efeito linear negativo da restrição para peso vivo final, peso de corpo vazio e pesos de carcaça quente e fria, enquanto os rendimentos de carcaças não foram influenciados pela redução na oferta de alimento. Segundo Warmington e Kirton (1990), a influência da nutrição sobre o rendimento de carcaça está associada principalmente a variações no peso do conteúdo gastrintestinal e dos órgãos internos, ressaltando ainda que a restrição quantitativa e o aumento do teor de fibra da dieta proporcionam maior tempo de retenção do alimento no trato digestório, resultando em menor rendimento de carcaça.

Marais *et al.* (1991) apontam que as taxas de crescimento são decorrentes da eficiência de utilização e seleção dos nutrientes e do consumo voluntário do alimento. Segundo os mesmos autores, cordeiros da raça Dorper submetidos a diferentes sistemas de alimentação (*ad libitum*, restrições de 80%, 65% e 50% da dieta total), apresentaram ganhos de peso diária de 276, 222, 173 e 128 g/dia, respectivamente. Marais *et al.* (1991) conclui que, o conhecimento dos efeitos da restrição alimentar na taxa de crescimento e na eficiência de utilização da

alimentação é importante por motivos econômicos indicando que a restrição alimentar em cordeiros inibiria a produção e que não seria economicamente viável realizá-la para obter uma maior eficiência de conversão de energia. E que no caso de cordeiros machos, as restrições impostas de até 50% durante nove semanas resultaram em uma melhor conversão de energia em comparação à alimentação *ad libitum* durante todo o período de crescimento.

2.4 Atributos da qualidade da carne de ruminantes

O rebanho ovino brasileiro em 2019 era de 19,7 milhões de cabeças (IBGE, 2019). Devido a esse elevado número de ovinos, têm-se um aumento da comercialização de seus principais produtos, a carne (HERMUCHE *et al.*, 2013). A carne é um alimento de grande importância na nutrição humana, por apresentar em sua composição química proteínas de alta qualidade, ácidos graxos benéficos ao consumo humano e rico em vitaminas e minerais (BELHAJ *et al.*, 2021; LIU *et al.*, 2019; MUCHENJE *et al.* 2009; QWELE *et al.*, 2013; ZAPATA *et al.*, 2001).

E existem muitas controvérsias vigorosas sobre os efeitos a saúde atribuídos ao consumo a longo prazo, visto que a carne tem alto teor de ácido graxos saturados como láurico, mirístico, palmítico sendo associados ao desenvolvimento de carcinoma, doenças cardiovasculares, elevação dos níveis séricos de colesterol e hipertensão (GRANDE, 1975; LAWRIE, 2005).

Diante desse contexto, torna-se importante discutir sobre a produção de carne, bem como os fatores que interferem nesse produto. Especificamente para a carne, aspectos como integridade, qualidade sensorial ou bem-estar animal desempenham um papel importante nas decisões do consumidor (STEPTOE *et al.*, 1995). De acordo com Missio *et al.* (2010) algumas características da carne como, cor, maciez, suculência e palatabilidade são de interesse do consumidor e importantes para fidelizá-los, proporcionando conquista do mercado nacional e internacional. Dos atributos relacionados a qualidade sensorial da carne, Lawrie (2005) relata que, a cor, a capacidade de retenção de água (CRA) e um pouco do odor da carne são detectados tanto antes quanto depois do cozimento.

A CRA da carne é uma das formas de determinar a qualidade da carne, sendo a habilidade da carne em reter água mesmo durante a aplicação de uma força ou tratamentos externos (SILVA SOBRINHO *et al.*, 2005). A menor capacidade de retenção de água da carne implica perdas do valor nutritivo pelo exsudato liberado, resultando em carne mais seca, com menor maciez (ZEOLA *et al.*, 2007) e com uma cor mais pálida.

A cor é um dos atributos de maior importância e tem grande impacto na decisão do consumidor. Geralmente, o consumidor prefere uma carne de cor vermelha brilhante e rejeita aquelas que apresentam cor mais escura e sem brilho, associando-as a carne menos macia de animais velhos (CEZAR; SOUSA, 2007). O principal pigmento responsável pela cor da carne é a mioglobina (SALUEÑA *et al.*, 2019). Na carne fresca, a molécula de mioglobina pode ser encontrada de três formas básicas: desoximioglobina (DMb), oximioglobina (MbO₂) e metamioglobina (MMb), correspondendo respectivamente a estados reduzidos, oxigenados e oxidados desse pigmento (MANCINI; HUNT, 2005). Quando ocorre ausência de oxigênio, a molécula de mioglobina permanece em seu estado reduzido, no entanto, no momento que a carne entra em contato com o ar atmosférico, reagindo com o oxigênio, a desoximioglobina é rapidamente convertida em oximioglobina resultando em uma carne vermelha mais brilhante desejada pelos consumidores (SALUEÑA *et al.*, 2019).

Um fator de grande impacto na coloração da carne, é o peso corporal ao abate. Bressan *et al.* (2001) avaliando parâmetros físico-químicos da carne de cordeiros das raças Santa Inês e Bergamácia, distribuídos em quatro pesos ao abate (15, 25, 35 e 45 kg), observou que a carne dos cordeiros apresentou coloração vermelha mais escura com o aumento do peso corporal ao abate, dado que L* (luminosidade) diminuiu de 42,29 para 32,46, a* (vermelho) aumentou de 10,39 para 13,89 e b* (amarelo) aumentou de 6,73 para 8,15, com o aumento do peso ao abate de 15kg para 45kg. Podendo ser explicado pelo fato dos animais com maior peso corporal possuírem maior massa muscular e, conseqüentemente, maior fluxo sanguíneo, maior concentração de proteínas sarcoplasmáticas e outros pigmentos. Em seguida, Santos-Silva, Mendes e Bessa (2002), observaram o escurecimento da carne (menor valor de L* e b*) quando o peso de abate aumentou.

Durante o cozimento, a carne pode perder uma quantidade considerável de massa, em forma de suco que é, segundo Oillic *et al.* (2011), 90% de água perdida que determina o rendimento técnico do procedimento. Os pesquisadores relatam que as perdas por cocção variam conforme espécie animal, idade do animal, tipo de músculo, quantidade de colágeno, temperatura, taxa de aquecimento e orientação das miofibrilas na carne (HEARNE *et al.*, 1978), em que na faixa de temperatura de 50 a 90 °C as proteínas miofibrilares sofrem desnaturação tornando-se insolúveis. Lloyd, Slyter e Costello (1980), trabalhando com cordeiros de dois grupos de peso, classificados como leves (54kg) e pesado (64kg), não encontraram diferenças para os resultados de perda de peso por cocção, medida no músculo *Longissimus dorsi*, obtendo valores de 15,49 e 16,75%. Segundo Araújo *et al.* (2020) altos valores de perda de peso por

cozimento não são desejáveis porque indicam que a carne está perdendo muita água durante o cozimento, o que resulta em produtos de carne com menor maciez e menor suculência.

Um outro parâmetro importante que pode influenciar a cor, a capacidade de retenção de água, a maciez, dentre outros fatores é o pH e sua taxa de declínio. Se o pH for muito alto nas primeiras horas *pos mortem* e a temperatura da musculatura é reduzida rapidamente, pode ocorrer um encurtamento pelo frio proporcionando uma carne mais dura (MCGEEHIN; SHERIDAN; BUTLER, 2001). A variação do pH final entre os diferentes sistemas de alimentação pode ser atribuída à variação nos teores de glicogênio muscular (NASCIMENTO *et al.*, 2018; WANG *et al.*, 2021) e é influenciada pela alimentação. Se as reservas de glicogênio pré-abate forem menores, menos ácido lático é produzido e, portanto, o pH final da carne será mais alto, fazendo com que a carne fique mais escura (MORA *et al.*, 2015).

Tratando-se de qualidade de carne, as avaliações realizadas para tais fins compreendem, também, a composição química (WOOD *et al.*, 2008). A composição centesimal da carne (água, proteína, gordura e minerais) muda conforme o animal cresce, uma vez que são influenciados por fatores como idade, peso corporal, genética, classe sexual e nível nutricional, refletindo assim nos custos de produção e qualidade do produto final obtido (CARVALHO *et al.*, 2003). Em animais jovens, o corpo apresenta alta quantidade de proteínas e água, ao tornar-se mais velho ocorre um decréscimo da quantidade desta água e das proteínas e aumento da proporção de gordura no corpo.

A oxidação lipídica é um dos principais processos de decomposição de qualidade em carnes e seus derivados. A oxidação lipídica também pode causar perda de cor, sabor indesejável, produção de substâncias potencialmente tóxicas (malondialdeídos) e perda de valor nutricional (vitaminas e ácidos graxos) na carne (GRAY; GOMAA; BUCKLEY, 1996), o que pode causar rejeição pelos consumidores (CAMPO *et al.*, 2006). Ripoll, Joy e Muñoz (2011) sugeriram um valor limite de 1 mg de malondialdeído (MDA) por quilo de carne, de forma que nenhum sabor estranho possa ser detectado.

A cor pode influenciar na oxidação lipídica onde a maior quantidade de mioglobina, pode indicar maior quantidade de grupamento heme de ferro, estando mais suscetível a oxidação (LIMA JÚNIOR *et al.*, 2013). E isso pode ser observado pela análise de substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS), onde segundo Osawa *et al.* (2005) devido a sua simplicidade e rapidez, o teste de TBARS é um dos mais frequentemente utilizados para quantificar o MDA, um dos principais produtos de decomposição dos hidroperóxidos de ácidos graxos polinsaturados, formado durante o processo oxidativo de carnes. Segundo Lima Júnior

et al. (2013), os ácidos graxos polinsaturados são os mais susceptíveis a oxidação e a formação do MDA.

O teor de gordura da carne e sua composição em ácidos graxos, vem merecendo grande destaque, visto que este alimento, juntamente com os padrões de vida moderna (sedentarismo e estresse), vem sendo associado a várias doenças cardiovasculares (MAIA *et al.*, 2012). Ainda segundo os autores, a produção de carnes com níveis adequados de gordura e maiores concentrações de ácidos graxos insaturados, além dos ômega e do ácido linoleico conjugado (CLA, C18:2 *cis*-9, *trans*-11), deve ser o objetivo e de interesse do consumidor. Produtos derivados de ruminantes contêm uma mistura de isômeros posicionais e geométricos de C18:2 com ligações duplas conjugadas, sendo o C18:2 *cis*-9, *trans*-11 (CLA) o isômero predominante (TANAKA, 2005). Segundo dados da literatura, o CLA apresenta propriedades anticarcinogênica e antiteratogênica, induzem a diminuição da gordura corporal e o aumento do aporte proteico (GALLO *et al.*, 2007; WOOD *et al.*, 2008). A presença de CLA em produtos ruminantes está relacionada à biohidrogenação de ácidos graxos insaturados por bactérias ruminais e sua principal fonte é a biossíntese endógena envolvendo Δ 9-dessaturase com C18:1 *trans*-11 (ácido vacênico) produzido no rúmen (LOURENÇO. RAMOS-MORALES; WALLACE, 2010).

O elevado consumo de ácidos graxos saturados (AGS) é maléfico para a saúde do ser humano, pois apresentam efeitos hipercolesterolêmico aumentando as concentrações plasmáticas de colesterol totais, LDL e HDL, como os ácidos graxos saturados láurico (C12:0), mirístico (C14:0) e palmítico (C16:0) (YU *et al.*, 1995; FERNANDES *et al.*, 2009a). Yu *et al.* (1995) relatam que o ácido esteárico (C18:0), um ácido graxo saturado, não apresenta efeito hipercolesterolêmico. Segundo Mansbridge e Blake (1997), os microrganismos ruminais incorporam alguns dos ácidos graxos biohidrogenados em lipídios que compõem a barreira celular bacteriana, que, contudo, contêm uma alta proporção de ácidos graxos saturados, bem como pequenas quantidades de ácidos graxos ramificados e de cadeia ímpar, por exemplo ácidos pentadecanóico (C15:0) e heptadecanóico (C17:0). Os autores ainda relatam que de 10 a 15% dos lipídios que chegam no intestino delgado, são provenientes das bactérias ruminais.

Os ácidos graxos mono e polinsaturados são considerados benéficos à saúde humana, pois reduzem o risco de doenças cardiovasculares (DENKE, 2006; FERNANDES *et al.*, 2010; SACKS; KATAN, 2002), pois exercem funções essenciais ao organismo, enquanto que, segundo Mente *et al.* (2017) a alta ingestão de carboidratos tem o impacto mais adverso sobre os fatores de risco de doenças cardiovasculares. Apesar da capacidade das bactérias ruminais de biohidrogenar parcialmente os ácidos graxos polinsaturados da dieta, aumentando

os ácidos graxos saturados no tecido animal, a dieta pode desempenhar um papel importante na mudança da composição de ácidos graxos carne (WOOD; ENSER, 1997). De acordo com os padrões australianos, para a carne ser considerada como fonte de ômega-3, ela precisa ter 30

mg de ácidos graxos ômega-3 de cadeia longa por 100 g de carne na forma de ácido eicosapentaenóico (EPA) ou ácido docosahexaenóico (DHA) (PONNAMPALAM *et al.*, 2014).

Wood *et al.* (2008) em uma revisão em que mostra os fatores que regulam a deposição de gordura e a composição de ácidos graxos do tecido adiposo e muscular de suíno, ovinos e bovinos, observaram que em todas as três espécies, o ácido oleico (C18:1) é o principal ácido graxo da carne, formado a partir do ácido esteárico (C18:0) pela enzima estearoil Co-A dessaturase, uma importante enzima lipogênica. O ácido linoleico (C18:2) é um ácido graxo polinsaturado encontrado em sementes oleaginosas (KINSELLA *et al.*, 1990). Nos ruminantes, durante o processo de biohidrogenação do ácido linoleico, o isômero CLA (C18:2*cis*-9, *trans*-11) é o primeiro intermediário formado pelas bactérias ruminais (SANTOS-ZAGO; BOTELHO; OLIVEIRA, 2001).

A síntese de AG nos tecidos tem início quando o ácido graxo C18:1 sofre dessaturação pela enzima Δ 9-dessaturase, presente no tecido adiposo (SANTOS-ZAGO; BOTELHO; OLIVEIRA, 2001). Senegalhe *et al.* (2014) avaliando o efeito do grupo genético e espessuras de gordura subcutânea (EGS) ao abate sobre o perfil de ácidos graxos da carne de cordeiros Santa Inês e Dorper x Santa Inês, abatidos com 2,0, 3,0 e 4,0 mm de espessura de gordura subcutânea (EGS), identificaram nove ácidos graxos (C4:0; C8:0; C16:0; C17:1; C18:0; C18:1n9, C18:2n9c,11t; C18:2n6t; C18:3n6) que constituíram acima de 90% das áreas totais dos cromatogramas. O ácido heptadecanóico (C17:1) e oléico (C18:1n9t), somados apresentaram 96% dos ácidos graxos insaturados totais na carne de cordeiros Santa Inês e Dorper x Santa Inês abatidos com diferentes EGS, sendo assim, os que mais contribuíram. Mediante a isso, os autores observaram que independente do grupo genético e da EGS, a carne de cordeiros, apresenta melhor perfil lipídico auxiliando assim a ingestão diária de ácidos graxos insaturados. Sturdivant *et al.* (1992) e Kazala *et al.* (1999) observaram que a deposição no teor médio de C18:1n9, pode estar relacionado à maior atividade da enzima Δ 9-dessaturase (18), e na conversão dos ácidos mirístico (C14:0), palmítico (C16:0) e esteárico (C18:0) em seus correspondentes ácidos monoinsaturados (n-9).

Madruga *et al.* (2006) avaliando o perfil de ácidos graxos da carne de cordeiros puros Santa Inês (machos e fêmeas) e mestiços (machos) resultantes do cruzamento de ovelhas Santa Inês com reprodutores Dorper, observou que a raça influenciou significativamente as concentrações tanto dos monoinsaturados quanto dos polinsaturados, sendo que os animais

mestiços apresentaram maior percentual de ácidos graxos polinsaturados, com alta concentração do ácido linoleico pelas maiores relações de AGPI/AGS e menor de w6:w3. Wood *et al.* (2003) determina que a razão recomendada de ácidos graxos polinsaturados:ácidos graxos saturados (P:S) deve ser aumentado para acima de 0,4. Segundo Arruda *et al.* (2012) as relações ou proporções entre ácidos graxos têm sido estudadas como forma de avaliar e identificar o fator de risco dos alimentos em relação ao aumento do nível de colesterol sérico em humanos.

A concentração de ácidos graxos desejáveis (AGD) é expressa pela somatória dos AGI com o ácido esteárico (BANSKALIEVA; SAHLU; GOETSCH, 2000). No entanto, o ácido esteárico (C18:0) embora seja saturado, seu efeito é neutro, tendo menos implicações no perfil lipídico, uma vez que pode ser convertido a oléico (C18:1) no organismo. Com relação aos índices de aterogenicidade (IA) e trombogênicidade (IT), eles indicam a quantidade de ácidos antiaterogênico e o potencial de estímulo a agregação plaquetária na corrente sanguínea, uma vez que quanto menor os valores maiores a ação antiaterogênica da gordura com potencial de prevenção de doenças cardiovasculares (ARRUDA *et al.*, 2012). A relação hipocolesterolêmicos:hipercolesterolêmicos (h/H) é baseada nos benefícios biológicos dos ácidos graxos sobre o colesterol sanguíneo, considerando os efeitos funcionais dos ácidos graxos monoinsaturados (ARRUDA *et al.*, 2012). O alongamento dos ácidos graxos é realizado pela enzima elongase produzida pela membrana do retículo endoplasmático (KIHARA, 2012) e sua atividade está intimamente associada à síntese de novo de ácidos graxos com adição de carbonos a cadeia de AG (SHI *et al.*, 2017).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização, animais e delineamento experimental

O experimento foi realizado no Setor de Digestibilidade do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, localizada em Fortaleza, CE, Brasil (30°43'02'' S, 33°32'35'' O) sendo conduzido em conformidade com os padrões estabelecidos pelo Comitê de Ética em Pesquisa Animal da Universidade Federal do Ceará, sob o Protocolo (n° 3381260719).

Foram utilizados trinta cordeiros Dorper x Santa Inês, machos, inteiros, com idade aproximada de quatro meses e peso corporal médio inicial (PCi) de $30,00 \pm 1,28$ kg. Os animais foram alocados aleatoriamente em baias individuais providas de comedouros e bebedouros sendo a água potável fornecida à vontade para todos os animais. Os animais foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado em três níveis de restrição alimentar (0, 30 e 60%, na matéria seca (MS)), sendo submetidos a período adaptativo as dietas e condições experimentais por 15 dias.

A dieta total foi formulada com 14% de proteína bruta (PB) para atender um ganho médio diário de 200 g/dia (NRC, 2007). O feno Tifton 85 (*Cynodon* sp.) foi utilizado como fonte exclusiva de volumoso nas dietas experimentais. A proporção volumoso:concentrado das dietas foi de 60:40. A ração concentrada foi composta por milho moído, farelo de soja, fosfato bicálcico e premix mineral (Tabela 1). A ração total foi fornecida duas vezes ao dia (às 08:00h e 16:00h) permitindo de 10 a 20% de sobras para os animais com consumo de 0% de restrição alimentar. Diariamente, antes da alimentação matinal, as sobras de cada animal do grupo de 0% de restrição alimentar eram coletadas e pesadas para calcular o consumo de matéria seca (CMS). A proporção de ração total fornecida aos animais em restrição alimentar de 30 e 60% MS foi calculado diariamente de acordo com o consumo médio dos animais alimentados em 0% de restrição alimentar.

Os cordeiros foram pesados semanalmente para o cálculo do GMD. O período experimental foi concluído quando os animais alimentados *ad libitum* (0% de restrição alimentar) atingiram em média 47,2 kg de PC. O ensaio experimental durou 84 dias.

Tabela 1 - Composição da ração experimental.

Ingredientes	Ração total %MS			
Feno de capim tifton 85	60,00			
Milho moído	26,07			
Farelo de soja	12,40			
Fosfato bicálcico	1,02			
Premix mineral ¹	0,51			
Composição química (g/kg MS)	Ração total	Feno de tifton 85	Milho grão moído	Farelo de soja
Matéria seca	911,0	916,4	906,6	900,2
Proteína bruta	141,5	86,1	70,2	508,4
Extrato etéreo	30,0	26,7	44,3	13,6
Matéria mineral	65,5	70,2	16,3	64,4
Fibra em detergente neutro	498,2	737,3	145,7	128,5
FDNcp	455,2	676,0	125,9	109,4
Fibra em detergente ácido	211,9	327,0	28,2	80,6
Carboidratos Totais	763,0	817,0	869,2	413,6
Carboidratos não-fibrosos	307,8	141,0	743,4	304,2
Nutrientes digestíveis totais	624,5	-	-	-

¹Composição por kg de Premix: Cálcio 300–200 g; Fósforo 50 g; Enxofre 18 g; Sódio 40 g; Magnésio 16,5 g; Cobalto 60 mg; Iodo 85 mg; Manganês 2000 mg; Selênio 11 mg; Zinco 2100 mg; Ferro 3960 mg; Cobre 122 mg; Fluor 1000 mg; Vitamina A 33,6 mg; Vitamina D3 0,55 Mg E Vitamina E 557,1 Mg.
FDNcp = Fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína.

Para o ensaio de digestibilidade dos nutrientes, amostras fecais foram coletadas diretamente da ampola retal de cada animal durante três dias consecutivos em intervalos de 15 dias nos horários: 8:00h no primeiro dia, 12:00h no segundo dia e 16:00h no terceiro dia. Posteriormente, uma amostra composta de fezes por animal foi pesada, acondicionada em sacos plásticos, identificadas e armazenadas em *freezer* a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ para futuras análises. A fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) foi quantificada por meio da incubação *in situ*, de amostras de sobras, fezes e ingredientes da dieta, em um bovino adulto fistulado consumindo uma ração composta por feno Tifton 85, milho moído, farelo de soja, fosfato bicálcico e premix mineral. A FDNi foi avaliada para estimar a excreção fecal, conforme descrito por Casali *et al.* (2008). Os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram calculados de acordo com Weiss (1993) da seguinte forma:

$$\text{NDT} = \text{PBd} + \text{CNFd} + \text{FDNcpd} + \text{EEd} \times 2,25$$

onde Pbd é a proteína bruta digestível, CNFd é o carboidrato não fibroso digestível, FDNcpd é a fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas digestível e EEd é o extrato etéreo digestível. A energia digestível (ED) da dieta foi estimada em 4,409 Mcal/kg de NDT consumido. A ED foi convertida em energia metabolizável (EM) com uma taxa de eficiência de 82% (NRC, 2000) e calculado o consumo de energia metabolizável (CEM).

A cada 15 dias, amostras de urina foram coletadas de todos os animais quatro horas após a alimentação matinal, usando bolsas adaptadas fixadas ao redor do prepúcio, através da micção espontânea. As amostras de urina foram filtradas com gaze em copos descartáveis. Imediatamente após a coleta, uma subamostra de 5 mL foi misturada a 45 mL de uma solução de 0,018 mmol de ácido sulfúrico (H₂SO₄) para as análises de derivados de purina (DP) e estimar a síntese de proteína bruta microbiana (PBmic). Outra parte das amostras de urina que foi filtrada, foi utilizada para análises de compostos nitrogenados e creatinine. As amostras foram identificadas e armazenadas em *freezer* a -20°C.

A concentração de creatinina na urina foi determinada por meio de um kit comercial (Labtest, Lagoa Santa, MG, Brasil) em AutoAnalyzer II (In Vitro Diagnostica, Itabira, MG, Brasil) segundo Henry *et al.* (1974). A concentração de ácido úrico foi avaliada por método enzimático colorimétrico com fator de compensação lipase (Fossati *et al.*, 1980) usando kit comercial (ácido úrico-K139, Bioclin, Belo Horizonte, Brasil) em AutoAnalyzer II (In Vitro Diagnostica, Itabira, Brasil). O volume urinário (VU) foi estimado por meio da concentração de creatinina na urina. As concentrações de alantoína, xantina e hipoxantina foram estimadas de acordo com o método colorimétrico proposto por Chen e Gomes (1992). As purinas microbianas absorvidas (AbsDP) e o fluxo intestinal de nitrogênio microbiano (NM) foram estimados a partir das equações propostas por Chen e Gomes (1992). A eficiência de síntese de PBmic (ESPBmic, g PBmic/kg consumo de NDT) foi calculada usando a seguinte equação:

$$ESPBmic = \frac{PBmic}{CNDT}$$

onde ESPBmic é a eficiência de PBmic, PBmic é a proteína microbiana bruta e CNDT é o consumo total de nutrientes digestíveis.

A concentração de nitrogênio nas amostras de urina foi obtido pelo método Kjeldahl. O balanço de compostos nitrogenados (BN, g/dia) foi calculado como a quantidade de nitrogênio consumido (NC, g/dia) menos as quantidades de nitrogênio excretadas nas fezes (NF) e na urina (NU). O nitrogênio retido (NR, g/dia) foi obtido com base na diferença entre o BN e o nitrogênio endógeno basal (NEB), assumindo que as perdas de nitrogênio do tecido

endógeno e dérmico são 0,35 e 0,018 de PC metabólico ($PC^{0,75}$), respectivamente. Assim, para estimar o NEB, foi utilizada a seguinte equação:

$$NEB = (0,018 + 0,35) \times PC^{0,75}$$

As perdas urinárias endógenas (PUE, g/dia), foram calculadas a partir de uma equação adaptada para ovinos (ARC, 1980):

$$PUE = 0,147 \times PC + 3,375$$

3.2 Análises laboratoriais

Amostras de ingredientes, dietas experimentais, sobras e fezes foram coletadas, secas em estufa de ventilação forçada ($55 \pm 5^\circ\text{C}$) por 72 horas. Em seguida, essas amostras foram moídas em um moinho de facas com uma peneira de 1 mm (Wiley Mill, Arthur H. Thomas, Filadélfia, PA, EUA). Posteriormente, todas as amostras citadas foram analisadas de acordo com os métodos da AOAC (1990) para matéria seca (MS; método número 967,03), cinzas (método número 942,05), proteína bruta (PB; método número 981,10), extrato etéreo (EE; método número 920,39) e fibra em detergente ácido (FDA; método número 913,18). A fibra em detergente neutro (FDN) foi determinado conforme descrito por Van Soest *et al.* (1991) e foi corrigido para cinzas residuais (MERTENS, 2002) e compostos nitrogenados residuais (LICITRA *et al.*, 1996) para estimar o FDN corrigido para cinzas e proteína (FDN_{cp}). Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados de acordo com a equação descrita por Weiss (1993):

$$CNF = 100 - (FDN_{cp} + PB + EE + cinzas)$$

O conteúdo de carboidratos totais (CT) foi calculado de acordo com Sniffen *et al.* (1992):

$$CT = 100 - (PB + EE + cinzas)$$

3.3 Avaliações morfométricas

Quando os animais do grupo alimentar de 0% de restrição alimentar atingiram o peso corporal médio de 47,2 kg todos os animais foram submetidos a 18 horas de jejum de sólidos e líquidos, sendo pesados para obter o peso corporal (PC) em jejum (PCJ). Posteriormente, os animais foram abatidos por atordoamento por concussão cerebral e corte da veia jugular. O PC vazio (PCVZ) foi obtido de acordo com Pereira *et al.* (2017). As carcaças foram identificadas e pesadas para obtenção do peso de carcaça quente (PCQ; FIGURA 1) e cálculo do rendimento de carcaça quente (RCQ). O pH foi medido 45 min *post mortem* utilizando-se medidor de pH

(Hanna, modelo HI-2221) por meio de inserção entre a 4^a e 5^a vértebras lombares, no músculo *Longissimus lumborum*.

Figura 1 - Carcaça quente ovina



Fonte: próprio autor.

As carcaças foram armazenadas em câmara fria (4°C) por 24 horas. Posteriormente, as carcaças foram pesadas para obtenção do peso de carcaça fria (PCF) e cálculo do rendimento de carcaça fria (RCF). Vinte e quatro horas *post mortem*, o pH (FIGURA 2) da carcaça foi mensurado com um medidor de pH (HI-2221, Hanna, São Paulo, Brasil) inserido entre a 4^a e 5^a costelas do músculo *Longissimus lumborum*.

Figura 2 - Mensuração de pH 24h *post mortem*



Fonte: próprio autor.

Foram realizadas medidas morfométricas nas carcaças conforme metodologia de Yáñez *et al.* (2004). Foram realizadas as mensurações de largura de garupa (LG), comprimento interno da carcaça (CIC), comprimento do pernil (CP) e com a carcaça suspensa por seus metatarsos, foi medida a LG, como sendo a largura máxima entre os trocânteres femorais (FIGURA 3).

Figura 3 - Largura da garupa



Fonte: próprio autor.

As carcaças foram divididas ao longo da coluna vertebral por uma serra de fita (C.A.F 2,55 STB MM). Posteriormente através da mensuração da distância entre bordo anterior e do osso púbis e o bordo anterior da primeira costela em seu ponto médio, se obteve o CIC (FIGURA 4).

Figura 4 - Comprimento interno da carcaça



Fonte: próprio autor.

O CP foi mensurado como, a distância entre o trocânter maior do fêmur e o bordo da articulação tarso-metatarsiana (FIGURA 5).

Figura 5 - Comprimento do pernil



Fonte: próprio autor.

Após essas mensurações, foi calculado o índice de compacidade da carcaça (ICC; kg/cm) e o índice de compacidade do pernil (ICP; kg/cm) de acordo com as seguintes fórmulas:

$$ICC = \frac{PCF}{CIC}$$

$$ICP = \frac{LG}{CP}$$

As meias carcaças esquerdas foram subdivididas em seis cortes comerciais (pernil, lombo, paleta, costilhar, serrote e pescoço; FIGURA 6), pesados individualmente e calculados os rendimentos em função da meia carcaça reconstituída (somatório dos pesos de todos os cortes) (CEZAR; SOUSA, 2007).

Figura 6 - Divisão da carcaça em cortes comerciais



Fonte: próprio autor.

Amostras do músculo *Longissimus lumborum* foram dissecadas, embaladas, identificadas e armazenadas em *freezer* a -20°C para avaliar as características físico-químicas e o perfil de ácidos graxos (AG). Entre a 12^a e a 13^a costelas, foi realizado um corte transversal para expor o músculo *Longissimus lumborum*, e foi medido as distâncias máximas entre as extremidades do músculo na direção médio-lateral (A) e dorso-ventral (B) para o cálculo da área de olho de lombo (AOL; FIGURA 7) de acordo com a seguinte equação:

$$AOL = \left(\frac{A}{2} \times \frac{B}{2}\right) \times \pi$$

Figura 7 - Mensuração da AOL



Fonte: próprio autor.

A espessura de gordura subcutânea (EGS) foram mensuradas acima da medida B com auxílio de paquímetro manual (FIGURA 8).

Figura 8 - Mensuração da EGS



Fonte: próprio autor.

3.4 Qualidade da carne

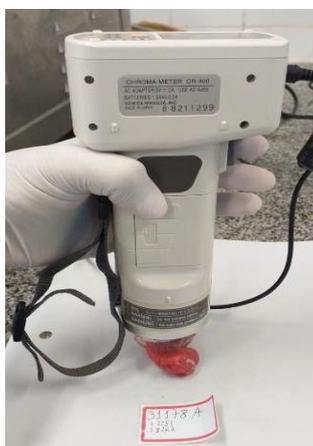
As análises de qualidade de carne foram realizadas no Laboratório de Carnes do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, em Recife, PE. As amostras de carne foram transferidas dentro de caixa de isopor hermeticamente fechada com gelo seco. Ao chegar, as amostras estavam íntegras e congeladas, sendo transferidas para um freezer.

Amostras de *Longissimus lumborum* foram expostas à atmosfera por 30 minutos para oxigenação da mioglobina. Posteriormente, as coordenadas L* (luminosidade), a* (vermelhidão) e b* (amarelo) foram mensuradas em três locais diferentes do músculo e uma média foi calculada para cada coordenada por amostra (MILTENBURG *et al.*, 1992). Essas

leituras foram realizadas usando um colorímetro Chroma Meter CR-400 (Konica® Minolta, Osaka, Japão; FIGURA 9) que foi previamente calibrado com o sistema CIELAB com um padrão branco e com um tamanho de abertura de 8 mm, usando o iluminante D65 e o observador padrão de 10° e foi operado usando cone aberto. O L^* está relacionado à luminosidade ($L^* = 0$ preto, 100 branco); a^* (vermelhidão) varia de verde (-) a vermelho (+); e b^* (amarelo) varia de azul (-) a amarelo (+). O índice de saturação Chroma (C^*) foi calculado a partir dos dados das coordenadas a^* e b^* , de acordo com a seguinte equação (SALUEÑA *et al.*, 2019):

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{0.5}$$

Figura 9 - Avaliação da cor



Fonte: próprio autor.

O músculo *Longissimus lumborum* foi processado em um triturador para determinar a perda de peso durante o cozimento (PPC) e a capacidade de retenção de água (CRA), de acordo com AMSA (2015). Amostras de bifes foram pesadas antes da análise. O cozimento foi realizado em forno fechado (Zeus 4 bocas branco, Maravilha, Brasil) pré-aquecido a 170°C. Um termômetro digital tipo espeto (Salcasterm 200®, São Paulo, Brasil) foi inserido no centro geométrico da carne para monitorar a temperatura interna até atingir 71°C. Posteriormente, as amostras de bife com a temperatura estabilizada foram trazidas à temperatura ambiente e pesadas novamente.

A PPC foi calculada pela diferença entre os pesos inicial e final de cada amostra de bife, e o valor expresso em porcentagem. As amostras de bife foram embaladas e armazenadas em geladeira (Consul CHB53C®, Salvador, Brasil) a 4°C por 12 horas. Posteriormente, os filetes de carne (diâmetro de 1,27 cm) foram removidos de cada amostra de músculo para ser avaliado quanto à força de cisalhamento Warner-Bratzler (FCWB). A análise da força de cisalhamento (FC) foi realizada em um texturômetro TAXT2 (Stable Micro Systems Ltd.,

Vienna Court, UK) a 200 mm/min usando lâminas de cisalhamento padrão (1,016 mm de espessura com uma lâmina de 3,05 mm). Cada filete foi cortado perpendicularmente à direção da fibra, e o valor da FC foi determinado em kgf/cm² (WHEELER *et al.*, 2005).

A determinação da capacidade de retenção de água (CRA) do *Longissimus lumborum* foi realizada cortando-o em amostras de aproximadamente 5 g, as quais foram colocadas entre papéis de filtro circulares (Albert 238, 12,5 cm de diâmetro), recebendo uma carga de 10 kg por cinco minutos (HAMM, 1986). Em seguida, as amostras foram pesadas e a CRA foi obtida pela diferença de peso das amostras antes e após a exposição à carga, com valores expressos em percentual da água extrusada.

Para avaliar a oxidação lipídica, amostras de carne do músculo *Longissimus lumborum* armazenadas sob congelamento a -20°C foram descongeladas e trituradas, onde foi utilizado o método descrito por Cherian *et al.* (2002), para determinar as substâncias reativas ao TBARS em mg de malondialdeído (MDA)/kg de tecido. A composição química da carne foi realizada de acordo com AOAC (1990) para umidade (método número 950,46), PB (método número 928,80), EE (método número 960,39) e cinzas (método número 920.153).

3.5 Perfil de ácidos graxos

A gordura das amostras de *Longissimus lumborum* foi isolada e purificada com solventes polares (clorofórmio e metanol) de acordo com Folch *et al.* (1957) e ácido nonadecanóico (C19:0) como um padrão interno para normalização adicional. A gordura extraída foi convertida em ésteres metílicos de AG (FAMES) por combinação de metilação ácida e básica (NUERNBERG *et al.*, 2007). O perfil de AG foi determinado usando um aparelho de cromatografia gasosa (Trace CG Ultra, Thermo Scientific) com um detector de ionização de chama (CG-DIC) e uma coluna capilar (SP2560 fase estacionária biscianopropil polidimetilsiloxano 100 m × 0,25 mm, espessura de filme de 0,20 µm; Merck/Sigma – Aldrich). O modo de injeção utilizado foi divisão fracionada (1:10) e gás portador de hélio, com fluxo constante de 1,3 ml/min. A estufa cromatográfica foi programada com uma coluna de temperatura inicial de 100°C mantida por cinco minutos e depois aumentado com uma rampa de aquecimento de 4°C/min até 220°C, mantida por 30 min. A identificação dos picos no cromatograma foi realizada comparando seu índice de retenção com os de compostos conhecidos de uma solução de AG padrão previamente injetada (Component FAME mix, Supelco 37, Merck/Sigma – Aldrich), seguindo a mesma metodologia. Cada contribuição de composto nas amostras foi dada por área relativa (%), normalizada com base em um padrão interno e convertida em mg/100 g de carne usando um fator de conversão de 0,92, representando

a contribuição de AG em lipídios (WEIHRAUCH *et al.* 1977).

As concentrações de AG saturado (AGS), AG insaturado (AGI), AG monoinsaturado (AGMI), AG polinsaturado (AGPI), ômega-6 (n6) e ômega-3 (n3) foram calculadas com base no perfil de AG da carne. Os índices de qualidade lipídica foram determinados com o somatório dos AG desejáveis para carne (AGD) (RHEE, 2000), índices de trombogenicidade (IT) e índices de aterogenicidade (IA) (ULBRICHT E SOUTHGATE, 1991) e a relação entre AG hipocolesterolêmico e hipercolesterolêmico (h:H), segundo Santos-Silva *et al.* (2002). Foi calculado a atividade de enzimas envolvidas no metabolismo lipídico, como $\Delta 9$ dessaturase e elongase em ácidos esteárico e palmítico (DE SMET *et al.*, 2004).

3.6 Análise estatística

Os resultados foram analisados utilizando-se o procedimento GLIMMIX do SAS versão 9.4, de acordo com o modelo:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + e_{(i)j},$$

onde Y_{ij} = variável dependente observada no i -ésimo tratamento e j -ésimo animal; μ = média geral; t_i = efeito do tratamento “ i ”; e_{ij} = erro aleatório entre animais dentro de tratamento. Para avaliar o padrão de respostas linear e quadrática dos níveis de restrição alimentar, utilizou-se contrastes polinomiais ortogonais, adotando-se $\alpha = 0,05$.

4 RESULTADOS

A restrição alimentar reduziu ($P < 0,05$) o consumo de todos os nutrientes (kg/dia) e EM (Mcal/d; TABELA 2). O consumo de FDNcp (g/kg PC e g/kg PC^{0,75}) apresentou efeito quadrático ($P < 0,001$).

Tabela 2 - Consumo de nutrientes (kg) em cordeiros Dorper x Santa Inês submetidos a diferentes níveis de restrição alimentar.

Item	Nível de restrição na MS			EPM	P-valor	
	0%	30%	60%		Linear	Quadrática
Consumo (kg/dia)						
Matéria seca	1,369	0,972	0,513	0,033	<0,001	0,454
Matéria orgânica	1,158	0,822	0,433	0,027	<0,001	0,453
Proteína bruta	0,200	0,135	0,071	0,005	<0,001	0,913
Extrato etéreo	0,042	0,029	0,015	0,001	<0,001	0,810
FDNcp	0,605	0,449	0,237	0,015	<0,001	0,136
CT	1,037	0,744	0,392	0,025	<0,001	0,352
CNF	0,433	0,295	0,156	0,010	<0,001	0,949
NDT	0,832	0,605	0,330	0,022	<0,001	0,380
Matéria seca (g/kg PC)	34,91	26,89	16,74	0,611	<0,001	0,168
FDNcp (g/kg PC)	15,42	12,42	7,73	0,286	<0,001	0,023
Matéria seca (g/kg PC ^{0,75})	87,35	65,92	39,38	1,652	<0,001	0,218
FDNcp (g/kg PC ^{0,75})	38,57	30,45	18,19	0,766	<0,001	0,036
Energia metabolizável (Mcal/dia)	3,007	2,186	1,193	0,079	<0,001	0,380

0% = consumo *ad libitum*; 30% = 30% de restrição alimentar; 60% = 60% de restrição alimentar; e EPM = erro padrão da média.

FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CT = carboidratos totais; CNF = carboidratos não fibrosos; NDT = nutrientes digestíveis totais.

A restrição alimentar aumentou linearmente a digestibilidade da MS ($P = 0,005$), matéria orgânica ($P = 0,002$), PB ($P = 0,023$), FDNcp ($P < 0,0001$) e CT ($P = 0,001$; TABELA 3).

Tabela 3 - Digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes em cordeiros Dorper x Santa Inês submetidos a diferentes níveis de restrição alimentar.

Item	Nível de restrição na MS			EPM	P-valor	
	0%	30%	60%		Linear	Quadrática
Matéria seca	60,99	62,73	64,74	1,020	0,015	0,919
Matéria orgânica	62,72	64,38	66,71	0,981	0,008	0,785
Proteína bruta	71,41	72,60	74,31	0,941	0,038	0,820
Extrato etéreo	57,67	55,61	57,26	1,796	0,875	0,407
FDNcp	49,43	55,10	57,91	1,096	<0,001	0,297
CT	61,15	63,22	65,57	1,020	0,005	0,912
CNF	77,50	75,58	77,22	1,277	0,875	0,266

0% = consumo *ad libitum*; 30% = 30% de restrição alimentar; 60% = 60% de restrição alimentar; e EPM = erro padrão da média.

FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CT = carboidratos totais; CNF = carboidratos não fibrosos.

A restrição alimentar diminuiu linearmente ($P < 0,05$) N-consumido, N-fecal, N-urinário, N-retido e balanço de nitrogênio (BN; TABELA 4). Houve um efeito quadrático ($P < 0,001$) no nitrogênio endógeno basal (NEB) e perdas urinárias endógenas (PUE). As concentrações de alantoína ($P = 0,008$), absorção de derivados de purina (AbsDP; $P = 0,006$), derivados de purina total (DP total; mmol/d, mmol/PC^{0,75}/dia; $P = 0,008$ e $P = 0,004$, respectivamente), proteína bruta microbiana (PBmic; $P = 0,006$) e eficiência de síntese de proteína bruta microbiana (ESPBmic; $P = 0,0003$) apresentou respostas quadráticas à restrição alimentar (TABELA 4).

Tabela 4 - Balanço de nitrogênio, excreção de creatinina e de derivados de purina e eficiência de produção e síntese de proteína bruta microbiana de cordeiros Dorper x Santa Inês submetidos a diferentes níveis de restrição alimentar.

Item	Nível de restrição na MS			EPM	P-valor	
	0%	30%	60%		Linear	Quadrática
Nitrogênio (g/dia)						
N-consumido	32,05	21,63	11,41	0,753	<0,001	0,913
N-fecal	9,23	5,93	2,93	0,233	<0,001	0,559
N-urinário	4,18	2,81	2,30	0,547	0,017	0,486
N-retido	11,50	7,76	2,38	0,780	<0,001	0,322
N-balanço	17,21	13,13	6,18	0,653	<0,001	0,071
NEB	5,75	5,42	4,81	0,062	<0,001	0,011
PUE	9,12	8,69	7,88	0,057	<0,001	0,012
Volume urinário (L/dia)	1,27	1,13	1,05	0,239	0,291	0,903
Excreção de creatinina						
(mmol/dia)	0,01	0,01	0,01	0,001	0,140	0,772
(mmol/kg PC/dia)	0,28	0,24	0,21	0,033	0,140	0,772
(mmol/kg PC ^{0,75} /dia)	0,71	0,58	0,51	0,082	0,078	0,805
Excreção de DP (mmol/dia)						
Alantoína	8,47	3,54	5,28	0,944	0,024	0,008
Ácido úrico	1,03	1,24	1,28	0,155	0,270	0,653
Xantina e Hipoxantina	2,03	1,64	1,86	0,263	0,667	0,353
AbsPD (mmol/dia)	13,56	7,12	9,77	1,259	0,042	0,006
DP Total (mmol/dia)	11,53	6,42	8,42	1,018	0,040	0,008
DP Total (mmol/PC ^{0,75})	0,73	0,43	0,65	0,066	0,355	0,004
PBmic (g/dia)	61,63	32,34	44,40	5,720	0,042	0,006
ESPBmic (g/kg NDT)	74,88	53,27	135,50	10,087	<0,001	<0,001

0% = consumo *ad libitum*; 30% = 30% de restrição alimentar; 60% = 60% de restrição alimentar; e EPM = erro padrão da média.

NEB = nitrogênio endógeno basal; PUE = perdas urinárias endógenas; DP = derivados de purina; AbsPD = absorção dos derivados de purina; PBmic = produção de proteína bruta microbiana; ESPBmic = eficiência de síntese de proteína microbiana.

A restrição alimentar causou efeito quadrático ($P < 0,001$) no peso corporal em jejum (PCJ) e no peso de corpo vazio (PCVZ) dos cordeiros (TABELA 5). O GMD, PCQ, EGS e AOL reduziram linearmente ($P < 0,05$) com o aumento da restrição alimentar. O PCF ($P < 0,001$) diminuiu linearmente com o aumento da restrição alimentar. O RCF apresentou aumento linear ($P = 0,041$) com o aumento da restrição alimentar. A LG ($P = 0,001$), CIC ($P < 0,001$), CP ($P = 0,004$) e ICC ($P < 0,001$) diminuiram linearmente com o aumento da restrição alimentar.

Tabela 5 - Desempenho, características de carcaças e medidas morfométricas de cordeiros Dorper x Santa Inês submetidos a diferentes níveis de restrição alimentar.

Itens	Nível de restrição na MS			EPM	P-valor	
	0%	30%	60%		Linear	Quadrática
PC inicial (kg)	31,03	31,79	31,93	0,400	0,124	0,532
PC jejum (kg)	40,9	36,0	27,0	0,604	<0,001	0,010
PCVZ (kg)	30,6	28,1	24,0	0,288	<0,001	0,040
GMD (g)	192,2	103,7	-31,0	10,58	<0,001	0,086
Características carcaças						
PCQ (kg)	21,41	18,60	13,84	0,377	<0,001	0,045
RCQ (%)	49,14	49,35	50,00	0,476	0,191	0,691
PCF (kg)	21,29	18,53	13,76	0,381	<0,001	0,040
RCF (%)	48,87	49,18	50,46	0,525	0,041	0,456
EGS (mm)	3,30	2,82	2,72	0,174	0,029	0,304
AOL (cm ²)	19,02	17,04	12,59	0,737	<0,001	0,183
Medidas morfométricas						
LG (cm)	15,88	15,48	14,05	0,3529	0,001	0,244
CIC (cm)	60,55	57,86	53,61	0,9159	<0,001	0,493
CP (cm)	40,20	37,65	36,69	0,7784	0,004	0,412
ICC (kg/cm)	0,346	0,321	0,251	0,0088	<0,001	0,053
ICP (kg/cm)	0,396	0,413	0,384	0,0102	0,414	0,077

0% = consumo *ad libitum*; 30% = 30% de restrição alimentar; 60% = 60% de restrição alimentar; e EPM = erro padrão da média;

PCI = peso corporal inicial; PCJ = peso corporal em jejum; PCVZ = peso de corpo vazio; GMD = ganho médio diário; PCQ = peso de carcaça quente; RCQ = rendimento carcaça quente; PCF = peso de carcaça fria; RCF = rendimento de carcaça fria; ESG = espessura de gordura subcutânea; AOL = área de olho de lombo; LG = largura da garupa; CIC = comprimento interno da carcaça; CP = comprimento do pernil; ICC = índice de compacidade da carcaça; ICP = índice de compacidade do pernil.

Os pesos de todos os cortes comerciais foram influenciados ($P < 0,05$) pelas restrições alimentares (TABELA 6). O peso do pernil ($P = 0,011$) e do serrote ($P = 0,014$) apresentaram efeito quadrático com o aumento dos níveis de restrição alimentar. O peso do lombo, paleta, costilhar e pescoço reduziram linearmente ($P < 0,05$) com o aumento dos níveis de restrição alimentar.

O rendimento do pernil ($P = 0,009$) e da paleta ($P = 0,048$) apresentaram aumento linear conforme o aumento da restrição alimentar quantitativa. O rendimento do lombo apresentou redução linear ($P = 0,031$) com o aumento dos níveis de restrição alimentar.

Tabela 6 - Peso e rendimento de cortes comerciais de cordeiros Dorper x Santa Inês submetidos a diferentes níveis de restrição alimentar.

Itens	Nível de restrição na MS			EPM	P-valor	
	0%	30%	60%		Linear	Quadrática
Peso dos cortes (kg)						
Pernil	3,44	3,09	2,34	0,061	<0,001	0,011
Lombo	1,01	0,81	0,55	0,049	<0,001	0,600
Paleta	2,06	1,79	1,39	0,045	<0,001	0,225
Costilhar	1,98	1,70	1,19	0,055	<0,001	0,096
Serrote	1,28	1,18	0,85	0,038	<0,001	0,014
Pescoço	0,82	0,73	0,55	0,045	<0,001	0,431
Rendimento dos cortes (%)						
Pernil	32,59	33,68	34,38	0,651	0,009	0,649
Lombo	9,48	8,87	8,20	0,678	0,031	0,957
Paleta	19,14	19,64	20,69	0,750	0,048	0,649
Costilhar	18,28	18,05	17,13	0,797	0,147	0,570
Serrote	12,34	12,95	12,09	0,608	0,593	0,194
Pescoço	7,71	7,92	7,86	0,609	0,801	0,768

0% = consumo *ad libitum*; 30% = 30% de restrição alimentar; 60% = 60% de restrição alimentar; e EPM = erro padrão da média.

O pH 24 horas *post mortem* apresentou uma redução linear ($P = 0,006$; TABELA 7) e a capacidade de retenção de água aumentou linearmente ($P = 0,041$) com a restrição alimentar. A concentração de TBARS apresentou efeito quadrático ($P < 0,001$) com o aumento da restrição alimentar. Houve efeito quadrático da restrição alimentar ($P < 0,05$) nas cores a^* , b^* e C^* . No geral, a composição da carne não foi afetada pela restrição alimentar, exceto pelo teor da gordura, que diminuiu linearmente ($P = 0,0001$) com o aumento da restrição alimentar (TABELA 7).

Tabela 7 - Composição físico-química e parâmetros de qualidade da carne do músculo *Longissimus lumborum* de cordeiros Dorper x Santa Inês submetidos a diferentes níveis de restrição alimentar.

Item	Nível de restrição na MS			EPM	P-valor	
	0%	30%	60%		Linear	Quadrático
pH _{45 min}	6,51	6,54	6,47	0,047	0,575	0,396
pH _{24 h}	5,72	5,59	5,57	0,036	0,006	0,166
PPC (%)	30,4	30,2	31,1	1,05	0,636	0,651
CRA (%)	32,3	34,4	36,0	1,20	0,041	0,858
FC (kgf/cm ²)	1,70	1,74	1,76	0,060	0,503	0,866
TBARS (mg/MDA/kg de carne)	0,56	0,60	0,73	0,006	<0,001	<0,001
Parâmetros de cor						
L*	42,6	42,4	42,3	0,376	0,632	0,911
a*	16,7	16,5	18,2	0,278	0,001	0,004
b*	7,74	7,23	8,18	0,182	0,118	0,004
C*	18,5	18,0	20,0	0,305	0,001	0,002
Composição da carne (%)						
Umidade	75,3	75,4	75,5	0,27	0,579	0,952
Proteína bruta	22,4	21,9	22,1	0,24	0,400	0,299
Gordura	3,70	3,12	2,06	0,26	<0,001	0,452
Cinzas	1,01	1,09	1,07	0,02	0,155	0,109

0% = consumo *ad libitum*; 30% = 30% de restrição alimentar; 60% = 60% de restrição alimentar; EPM = erro padrão da média.

pH_{45 min} = pH 45min *post mortem*; pH_{24 h} = pH 24h *post mortem*; PPC = perda de peso por cocção; CRA = capacidade de retenção de água; FC = força de cisalhamento Warner-Bratzler; TBARS = substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico; MDA = malonaldeído; C* = chroma = $(a^*2 + b^*2)^{0.5}$.

As concentrações de C12:0, C14:0, C16:0, C16:1-c9, C15:0, C17:0, C18:0, C20:0, C21:0, C18:1-*cis*9, C18:2 -*cis*9-*cis*12, C18:2-*trans*9-*trans*12, C18:3-*cis*6-*cis*9-*cis*12, C20:1-*cis*9, C20:3-*cis*8- *cis*11-*cis*14 e C20:4n-6 (EPA) aumentaram linearmente (P< 0,05) conforme o aumento da restrição alimentar (TABELA 8).

Tabela 8 - Perfil de ácidos graxos (AG) do músculo *Longissimus lumborum* de cordeiros Dorper x Santa Inês submetidos a diferentes níveis de restrição alimentar.

Item	Nível de restrição na MS			EPM	P-valor	
	0%	30%	60%		Linear	Quadrático
Composição AG, mg/100g de carne						
C10:0	6,12	5,58	5,83	0,746	0,788	0,620
C11:0	13,76	17,40	20,71	3,942	0,171	0,969
C12:0	4,40	5,46	8,37	0,931	0,007	0,342
C14:0	139,13	139,49	241,85	15,99	<0,001	0,013
C15:0	19,44	30,71	45,87	3,692	<0,001	0,602
C16:0	2020,4	2219,9	3767,8	209,9	<0,001	0,008
C17:0	105,95	133,40	204,84	14,68	<0,001	0,111
C18:0	1552,9	2005,2	2813,9	238,5	0,001	0,471
C20:0	8,06	19,93	16,04	1,83	0,004	0,331
C21:0	33,192	51,42	71,51	3,07	<0,001	0,795
C22:0	35,13	34,84	38,37	1,82	0,156	0,334
C24:0	22,02	17,03	36,67	7,55	0,176	0,144
C14:1- <i>cis</i> 9	11,82	10,03	14,74	2,45	0,358	0,198
C15:1- <i>cis</i> 9	11,13	10,69	12,48	1,42	0,421	0,380
C16:1- <i>cis</i> 9	110,1	116,9	200,5	9,74	<0,001	0,002
C17:1- <i>cis</i> 9	16,35	18,23	22,45	4,51	0,336	0,834
C18:1- <i>cis</i> 9	320,57	461,01	682,13	67,65	<0,001	0,529
C18:2- <i>cis</i> 9- <i>cis</i> 12	443,57	606,55	784,90	77,30	0,002	0,914
C18:2- <i>trans</i> 9- <i>trans</i> 12	213,44	220,89	293,81	23,32	0,012	0,168
C18:3- <i>cis</i> 9- <i>cis</i> -12- <i>cis</i> 15	43,61	46,06	55,26	6,52	0,127	0,511
C18:3- <i>cis</i> 6- <i>cis</i> 9- <i>cis</i> 12	6,24	7,85	10,59	1,24	0,011	0,633
C20:1- <i>cis</i> 9	10,53	12,96	15,71	1,60	0,018	0,905
C20:2- <i>cis</i> 11- <i>cis</i> 14	1,83	4,81	6,45	2,35	0,122	0,702
C20:3- <i>cis</i> 11- <i>cis</i> 14- <i>cis</i> 17	11,47	11,98	13,61	1,91	0,351	0,734
C20:3- <i>cis</i> 8- <i>cis</i> 11- <i>cis</i> 14	16,78	20,55	21,78	1,74	0,032	0,463
C20:4 <i>n</i> -6	223,07	277,07	257,48	29,85	0,046	0,257
C20:5 <i>n</i> -3 (EPA)	21,18	16,47	21,41	2,56	0,945	0,080
C22:6 <i>n</i> -3 (DHA)	9,08	9,27	11,47	2,67	0,488	0,697
C24:1- <i>cis</i> 15	30,47	33,21	32,24	2,95	0,623	0,489
CLA	2,22	8,18	7,18	4,02	0,332	0,391

0% = consumo *ad libitum*; 30% = 30% de restrição alimentar; 60% = 60% de restrição alimentar; EPM = erro padrão da média;

CLA = ácido linoléico conjugado.

As concentrações de AGS, AGMI, AGPI, AGPI n6, AGD e as razões Monoinsaturado/Saturado e n6:n3, aumentaram linearmente ($P < 0,05$) conforme os níveis de restrição alimentar aumentaram (TABELA 9). No entanto, a razão n3:n6 ($P = 0,002$) diminuiu linearmente com o aumento da restrição alimentar. O IT apresentou efeito linear crescente ($P = 0,030$) com o aumento da restrição alimentar.

Tabela 9 - Índices lipídicos e atividade de enzimas do músculo *Longissimus lumborum* de cordeiros Dorper x Santa Inês submetidos a diferentes níveis de restrição alimentar.

Item	Nível de restrição na MS			EPM	P-valor	
	0%	30%	60%		Linear	Quadrático
AG, mg/100g de carne						
AGS	3745,9	4454,6	6909,6	543,5	<0,001	0,123
AGI	1293,9	1617,9	1651,9	197,4	0,185	0,493
AGMI	463,5	651,9	734,6	81,03	0,015	0,549
AGPI	744,9	1024,9	1357,9	128,9	0,001	0,823
P/S	0,22	0,18	0,19	0,026	0,408	0,458
I/S	0,31	0,34	0,47	0,060	0,059	0,507
P/M	1,84	1,58	1,45	0,267	0,236	0,776
M/S	0,12	0,14	0,31	0,046	0,004	0,139
<i>n-6:n-3</i>	13,30	14,47	16,99	1,389	0,029	0,537
<i>n-3:n-6</i>	0,08	0,07	0,04	0,008	0,002	0,154
AGPI <i>n-6</i>	751,4	957,9	1299,9	119,10	0,001	0,537
AGPI <i>n-3</i>	50,70	50,59	76,52	12,566	0,077	0,169
IA	1,52	1,33	1,75	0,164	0,246	0,057
IT	3,92	3,85	4,85	0,338	0,030	0,095
h/H	0,48	0,60	0,38	0,074	0,251	0,035
AGD	2665,9	3400,2	4721,1	431,7	0,001	0,492
Δ^9 dessaturase C16	5,68	5,31	5,40	0,319	0,481	0,491
Δ^9 dessaturase C18	15,71	19,03	19,08	1,377	0,057	0,217
Elongase	46,35	51,43	48,35	1,592	0,210	0,026
Ni	104,27	108,63	124,86	12,249	0,217	0,656

0% = consumo *ad libitum*; 30% = 30% de restrição alimentar; 60% = 60% de restrição alimentar; EPM = erro padrão da média;

AGS = AG saturado; AGI = AG insaturado; AGMI = AG monoinsaturado; AGPI = AG polinsaturado; P/S = relação polinsaturado/saturado; I/S = relação insaturado/saturado; P/M = relação polinsaturado/monoinsaturado; M/S = relação monoinsaturado/saturado; *n-6:n-3* = relação *n-6:n-3*; *n-3:n-6* = relação *n-3:n-6*; IA = índice de aterogenicidade = $\{[C12:0+(4 \times C14:0)+C16:0]/[(\Sigma n-3+\Sigma n-6)+C18:1c9+\Sigma AGMI]\}$; IT = índice de trombogenicidade = $\{[(C14:0+C16:0+C18:0)/(0,5 \times C18:1c9)+(0,5 \times \Sigma AGMI)+(0,5 \times \Sigma n-6)+(3 \times \Sigma n-3)+(\Sigma n-3/\Sigma n-6)]\}$; h/H = relação hipocolesterolêmico/hipercolesterolêmico = $(C18:1c9+C18:2n-6+C18:3n-3+C20:4n-6+C20:5n-3+C22:5n-3+C22:6n-3)/(C14:0+C16:0)$; AGD = AG desejável = $(\Sigma AGMI, AGPI, C18:0)$; Atividade da enzima Δ^9 dessaturase nos AG com 16 carbonos = $\{100 * [(C16:1c9)/(C16:1c9+C16:0)]\}$; Atividade da enzima Δ^9 dessaturase nos AG com 18 carbonos = $\{100 * [(C18:1c9)/(\Sigma C18:1c9+C18:0)]\}$; Elongase = $\{100 * [(C18:0+C18:1c9)/(C16:0+C16:1c9+C18:0+C18:1c9)]\}$; Ni = não identificados.

5. DISCUSSÃO

Diferentes níveis de restrições dietéticas influenciaram o consumo alimentar e a digestibilidade dos nutrientes. O CMS foi reduzido em 0,856 kg/dia quando a restrição alimentar era de 60% MS. O CMS é um dos principais fatores que determinam a quantidade de um nutriente que será digerido, absorvido e utilizado pelo animal (COLUCCI *et al.*, 1982). O maior tempo de retenção do substrato no rúmen reduz a taxa de passagem (MERTENS; LOFTEN, 1980), o que pode explicar a maior digestibilidade dos nutrientes de cordeiros submetidos à restrição alimentar de 60% MS.

O nitrogênio fecal foi relativamente proporcional (28,8, 27,4 e 25,7% para 0, 30 e 60% MS de restrição alimentar, respectivamente) ao consumo de nitrogênio. As principais vias de conservação do nitrogênio foram a via urinária e endógena para os animais submetidos à restrição alimentar, resultando em balanço de nitrogênio positivo. A síntese de proteína microbiana é relativamente dependente da disponibilidade de carboidratos e nitrogênio no rúmen (NRC, 2001). A redução da PBmic em animais submetidos à restrição alimentar pode ser explicada pela redução do CMS, proporcionando menos substratos fermentáveis para a síntese microbiana no rúmen (CHIZZOTTI *et al.*, 2006). Animais submetidos à restrição alimentar de 60% MS apresentaram uma ESPBmic superior (135 g/kg NDT) ao recomendado pelo NRC (2001) de 130 g/kg NDT e superior a 53,10 g/kg NDT (PEREIRA *et al.*, 2016) e 114 g/kg de NDT (SILVA *et al.*, 2020), encontrados em estudos com cordeiros em regiões tropicais. No entanto, os animais alimentados com 30% MS de restrição alimentar apresentaram a menor ESPBmic (53,3 g/kg de NDT). A redução do CMS causou maior tempo de retenção no rúmen e maior digestibilidade dos nutrientes, o que influenciou no fluxo de ácidos nucléicos para o intestino delgado.

Animais submetidos à restrição alimentar de 60% MS apresentaram ausência de crescimento e menor GMD do que os animais restritos a 30% MS. Esse efeito é uma resposta à redução do consumo de nutrientes causada pela restrição alimentar quantitativa, uma vez que os cordeiros apresentam maior demanda energética e protéica para o seu crescimento (COSTA *et al.*, 2013; PEREIRA *et al.*, 2014). Além disso, a menor ingestão de energia na dieta devido à restrição alimentar quantitativa (30 e 60% MS) contribuiu para a redução da concentração de gordura da carne. Cordeiros recebendo dietas de restrição alimentar mobilizam gordura na tentativa de atender às exigências de energia líquida para manutenção, o que resulta em carcaças mais leves (ARAUJO *et al.* 2017).

Os cordeiros alimentados com dietas em 0% de restrição alimentar apresentaram maior AOL do que cordeiros submetidos aos níveis de 30 e 60% MS de restrição alimentar. De

acordo com Souza Júnior *et al.* (2013), a AOL está altamente correlacionada com a quantidade total de músculo em carcaças de cordeiros. Além disso, as medidas morfométricas podem ser eficazes na determinação do músculo da carcaça (ZEMBAYASHI, 1999). A restrição alimentar de 60% MS forneceu o ICC mais baixo. O ICC é usado para avaliar a quantidade de tecido depositado por unidade de comprimento. A redução do ICC com o aumento da restrição alimentar está relacionada à diminuição do PCF, pois os animais submetidos à restrição alimentar depositaram menos tecido, resultando em uma diminuição na quantidade de carne produzida na carcaça.

A cor da carne foi relatada como uma variável importante que influencia a aceitação do consumidor (FAUSTMAN; CASSENS, 1990). Os cordeiros submetidos à restrição alimentar de 60% MS apresentaram maiores valores para cores a*, b* e C* na carne. Já os animais alimentados *ad libitum* apresentaram um valor inferior comparado aos animais em 60% MS de restrição alimentar. Um maior peso de carcaça promove um menor valor de b*, resultando em carcaças mais escuras (SANTOS-SILVA *et al.*, 2002). Os valores da carne para L* foram inferiores a 44, o que é considerado aceitável do ponto de vista do consumidor (KHLIJI *et al.*, 2010), indicando que mesmo cordeiros com restrições dietéticas severas podem fornecer carne que é bem aceita pelos consumidores quando a cor é a principal variável considerada.

O pH da carne está na faixa normal de 5,5 a 5,8 (HEDRICK, 1994), no entanto, as diminuições no pH da carne e as maiores concentrações de AGMI e AGPI na carne quando os animais foram submetidos à restrição alimentar podem ter afetado a estabilidade oxidativa do pigmento, reduzindo a atividade da enzima citocromo oxidase e aumentando a absorção de oxigênio pela mioglobina (OSÓRIO *et al.*, 2009). Além disso, a carne mais brilhante (OSÓRIO *et al.*, 2009) pode contribuir para o aumento das concentrações de TBARS devido à susceptibilidade à oxidação (FRANCISCO *et al.*, 2015).

O TBARS (mg de MDA/kg de carne) variou de 0,56 a 0,73 em animais alimentados *ad libitum* a animais em restrição alimentar de 60% MS. O TBARS é usado para identificar a oxidação de lipídios. Ripoll *et al.* (2011) sugeriram um valor limite de 1 mg MDA/kg de carne de cordeiro para não alterar o sabor da carne. O aumento da concentração de AGPI na carne de animais submetidos à restrição alimentar pode influenciar no aumento da oxidação lipídica. De acordo com Wood *et al.* (2003), a carne com altas concentrações de AGPI n-3 produziu maiores concentrações de produtos da oxidação lipídica.

O perfil de AG da carne de ruminantes tem se destacado devido a sua concentração de AGS, que tem sido associado a doenças cardiovasculares da vida moderna. No

entanto, sabe-se que nem todos os AGS têm o mesmo efeito na causa de doenças cardiovasculares. Os AGS que aumentam o colesterol no sangue são principalmente C12:0, C14:0 e C16:0, os quais foram encontrados em maiores concentrações na carne de animais alimentados com restrição alimentar de 60% MS. O AGS é um produto importante da biohidrogenação ruminal. A biohidrogenação de AG depende do tempo de retenção no rúmen e da capacidade de biohidrogenação da população microbiana (ALLEN, 2000). A restrição alimentar severa causou maior retenção da digesta no rúmen e maior ação dos microrganismos que realizam a biohidrogenação, proporcionando maior deposição de AGS nos tecidos.

O C18:1-*cis*9 foi encontrado em maior concentração na carne de cordeiros alimentados em restrição alimentar de 60% MS. O C18:1-*cis*9 é conhecido como um AG com potencial para reduzir o colesterol sérico (GAMA *et al.*, 2019). Este AG é sintetizado a partir de C18:0 pela enzima Δ 9-dessaturase (WOOD *et al.*, 2008). A concentração de C18:1-*cis*9 pode estar relacionada à maior atividade da enzima Δ 9-dessaturase C18 e à conversão de C18:0 em seu correspondente AGMI n-9 (STURDIVANT *et al.* 1992; KAZALA *et al.* 1999).

O C20:4 n-6, EPA e DHA são AGs essenciais, uma vez que o corpo humano não é capaz de sintetizar o suficiente para atender as exigências. As concentrações de C20:4 n-6 e elongase na carne dos animais em restrição alimentar de 30% MS foram maiores do que nos demais níveis alimentares. A enzima elongase tem a capacidade de introduzir dois átomos de carbono na cadeia de AG (GUILLOU *et al.*, 2010).

A carne de ruminantes é fonte de AGMI e AGPI, considerados benéficos para a saúde humana (VARGAS-BELLO-PÉREZ; LARRAÍN, 2017). Animais submetidos à restrição alimentar de 60% MS apresentaram concentrações crescentes de AGMI e AGPI. No entanto, a relação Polisaturados/Saturados foi inferior a 0,4, valor recomendado por Wood *et al.* (2003) como uma razão desejável. A proporção de PUFA n-6:n-3 aumentou com a restrição alimentar. Os valores da carne foram superiores ao valor (4,0) sugerido por Enser *et al.* (2001). Esse resultado está de acordo com os baixos níveis de PUFA n-3 na carne desses animais.

Os aumentos nas concentrações de AGD com o aumento da restrição alimentar são devidos às maiores concentrações de C18:0, AGMI e AGPI. A relação h:H foi maior nos animais alimentados em 30% MS de restrição alimentar. Este índice representa o efeito funcional do AG no metabolismo e transporte do colesterol pelas lipoproteínas (CHEN; LIU, 2020). Um dos motivos pode ser a alta concentração de AGS encontrada na carne desses animais.

6 CONCLUSÃO

A restrição alimentar melhora a digestibilidade dos nutrientes e o uso de compostos nitrogenados e aumenta a eficiência de síntese de proteína microbiana. A restrição alimentar de 30 e 60% MS promoveu menor peso de carcaça e cortes comerciais e reduziu o teor de gordura muscular dos cordeiros. A carne de animais alimentados com restrição alimentar de 60% MS apresentou maiores teores de C12:0, C14:0 e C16:0, considerados menos benéficos à saúde do consumidor. No entanto, o aumento da restrição alimentar aumentou a concentração de AGMI, AGPI e AGD na carne, resultando em uma carne mais saudável.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, M. S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 7, p. 1598–1624, 2000.
- AOAC. **Official methods of analysis**. 19. ed. Washington, DC: Association of Official Agricultural Chemists, 1990.
- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL – ARC. **The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock**. Commonwealth Agricultural Bureaux, Slough, UK. 1980.
- AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION - AMSA. **Research Guidelines for Cookery, Sensory Evaluation, and Instrumental Tenderness Measurements of Meat**, 2nd Edn. Chicago, IL version 1.0, 2015.
- ARAÚJO, T. L. A. C. DE *et al.* Effects of quantitative feed restriction and sex on carcass traits, meat quality and meat lipid profile of Morada Nova lambs. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 8, n. 1, p. 1–12, 2017.
- ARAÚJO, S. A. *et al.* Physicochemical Properties, Lipid Oxidation, and Fatty Acid Composition of Sausage Prepared with Meat of Young Nellore Bulls Fed a Diet with Lauric Acid. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 122, n. 8, p. 2000087, 2020.
- ARRUDA, P. C. L. DE *et al.* Perfil de ácidos graxos no *Longissimus dorsi* de cordeiros Santa Inês alimentados com diferentes níveis energéticos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 3, p. 1229–1240, 2012.
- BANGAR, Y. C. *et al.* Evaluation of growth curve traits and associated genetic parameters in Harnali sheep. **Small Ruminant Research**, v. 195, p. 106314, 2021.
- BANSKALIEVA, V.; SAHLU, T.; GOETSCH, A. L. Fatty acid composition of goat muscles and fat depots: a review. **Small Ruminant Research**, v. 37, n. 3, p. 255-268, 2000.
- BARROS, N. N. *et al.* Eficiência bioeconômica de cordeiros F1 Dorper x Santa Inês para produção de carne. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 825-831, 2005.
- BELHAJ, Kamal *et al.* Proximate composition, amino acid profile, and mineral content of four sheep meats reared extensively in Morocco: A comparative study. **The Scientific World Journal**, v. 2021, 2021.
- BRESSAN, M. C. *et al.* Efeito do peso ao abate de cordeiros Santa Inês e Bergamácia sobre as características físico-químicas da carne. **Ciência e Tecnologia Alimentar (Campinas)**, v. 21, p. 293-303, 2001.
- CAMPO, M. M. *et al.* Flavour perception of oxidation in beef. **Meat Science**, v. 72, n. 2, p. 303–311, 2006.
- CARNEIRO, P. L. S. *et al.* Desenvolvimento ponderal e diversidade fenotípica entre cruzamentos de ovinos Dorper com raças locais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 991-998, 2007.

CARTAXO, F. Q. *et al.* Desempenho e características de carcaça de cordeiros Santa Inês e suas cruzas com Dorper terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 18, p. 388-401, 2017.

CARVALHO, P. A. *et al.* Predição da composição física e química da carcaça a partir da composição das diferentes regiões corporais de bezerros machos de origem leiteira até os 110 dias de vida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p. 1500-1507, 2003.

CASALI, A. O. *et al.* Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos in situ. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 335-342, 2008.

CAVALCANTE, A. C. R.; WANDER, A. E.; LEITE, E. R. **Caprinos e ovinos de corte: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Sobral: Embrapa Caprinos, 2005.

CEZAR, M. F.; SOUSA, W. H. de. **Carcças ovinas e caprinas: obtenção, aviação e classificação**. 1. ed. Uberaba, MG, Brasil: Editora Agropecuária Tropical Ltda, 2007.

CHEN, X. B.; GOMES, M. J. **Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives -an overview of the technical details**. (Occasional publication). Aberdeen: Rowett Research Institute, 1992.

CHEN, J.; LIU, H. Nutritional indices for assessing fatty acids: A mini review. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 21, n. 16, p. 5695, 2020.

CHERIAN, G. *et al.* Muscle fatty acid composition and thiobarbituric acid-reactive substances of broilers fed different cultivars of sorghum. **Poultry Science**. v. 81, n. 9, p. 1415–1420, 2002.

CHIZZOTTI, M. L. *et al.* Consumo, digestibilidade e excreção de uréia e derivados de purinas em novilhas de diferentes pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 35, n. 4, p. 1813–1821, 2006.

COLUCCI, P. E.; CHASE, L. E.; SOEST, P. J. VAN. Feed Intake, Apparent Diet Digestibility, and Rate of Particulate Passage in Dairy Cattle. **Journal of Dairy Science**. v. 65, n. 8, p. 1445–1456, 1982.

COSTA, M. R. G. F. *et al.* Body composition and net energy and protein requirements of Morada Nova lambs. **Small Ruminant Research**, v. 114, n. 2–3, p. 206–213, 2013.

COSTA, R.G.; BATISTA, A.S.M.; AZEVEDO, P.S. *et al.* Lipid profile of lamb meat from different genotypes submitted to diets with different energy levels. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.3, p.532-538, 2009.

DE K, *et al.* Seasonal variation of physiological response in ewes of farmers' flocks under semi-arid tropical environment. **Biological Rhythm Research** 45, 397-405, 2014.

DENKE, M. A. Dietary fats, fatty acids, and their effects on lipoproteins. **Current Atherosclerosis Reports**. v. 8, n. 6, p. 466–471, 2006.

DE SMET S.; RAES, K.; DEMEYER, D. Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: a review. **Animal Research** 53, 81-98, 2004.

ESCRIBANO, M.; ELGHANNAM, A.; MESIAS, F. J. Dairy sheep farms in semi-arid rangelands: A carbon footprint dilemma between intensification and land-based grazing. **Land use policy** 95, 104600, 2020.

FAUSTMAN, C.; CASSENS R. G. The biochemical basis for discoloration in fresh meat: a review. **Journal of muscle Foods** 1, 217-243, 1990.

FERNANDES, A. R. M. *et al.* Composição em ácidos graxos e qualidade da carne de tourinhos Nelore e Canchim alimentados com dietas à base de cana-de-açúcar e dois níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 38, n. 2, p. 328–337, 2009.

FERNANDES, M. A. M. *et al.* Composição tecidual da carcaça e perfil de ácidos graxos da carne de cordeiros terminados a pasto ou em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 39, n. 7, p. 1600–1609, 2010.

FOLCH, J.; LEES, M.; STANLEY, G. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. **Journal of Biological Chemistry**. v. 226, p. 497–509, 1957.

FOSSATI, P.; PRENCIPE, L.; BERTI, G. Use of 3,5-dichloro-2-hydroxybenzenesulfonic acid/4-aminophenazone chromogenic system in direct enzymic assay of uric acid in serum and urine. **Clinical Chemistry**, 26, 227–231, 1980.

FRANCISCO, A. *et al.* Growth performance, carcass and meat quality of lambs supplemented with increasing levels of a tanniferous bush (*Cistus ladanifer* L.) and vegetable oils. **Meat Science** 100, 275-282, 2015.

GAMA, K. V. M. F., *et al.* Fatty acid, chemical, and tissue composition of meat comparing Santa Ines breed sheep and Boer crossbred goats submitted to different supplementation strategies. **Tropical Animal Health and Production**, 52, 601–610, 2019.

GRAY, J. I.; GOMAA, E. A.; BUCKLEY, D. J. Oxidative Quality and Shelf Life of Meats. **Meat Science**, v. 43, p. 111-123, 1996.

GALLO, S. B. *et al.* Efeito da nutrição da ovelha e do cordeiro sobre o perfil de ácidos graxos do músculo Triceps brachii de cordeiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 2069-2073, 2007.

GOIS, G. C. *et al.* Qualidade da carne de ovinos de diferentes pesos e condição sexual. **Pubvet**, v. 12, p. 172, 2018.

GRANDE, F. Sugar and cardiovascular disease. **World Journal Nutrition Diet**, v. 22, p. 248-69, 1975.

GUILLOU, H. *et al.* The key roles of elongases and desaturases in mammalian fatty acid metabolism: Insights from transgenic mice. **Progress in Lipid Research** 49, 186-199, 2010.

HAMM, R. **Functional properties of the myofibrillar system and their measurements. In Muscle as food.** New York, USA: Bechtel PJ, editor. Academic Press, 1986.

HEARNE, LEANNE E.; PENFIELD, MAFUORIE P.; GOERTZ, GRAYCE E. Heating effects on bovine semitendinosus: Shear, muscle fiber measurements, and cooking losses. **Journal of Food Science**, v. 43, n. 1, p. 10-12, 1978.

HEDRICK, H. B. **Principles of meat science.** Kendall/Hunt Publishing Company, 1994.

HENRY, R. J.; CANNON, D. C.; WINKELMAN, W. J. **Clinical biochemistry of domestic animals.** 2. ed. Hagerstown: Harper and Row, 1974.

HERMUCHE, P. M. *et al.* Dynamics of sheep production in Brazil. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 2, n. 3, p. 665-679, 2013.

HORNICK, J. L. *et al.* Mechanisms of reduced and compensatory growth. **Domest Anim Endocrin**, v.19, n.2, p.121-132, 2000.

ISSAKOWICZ, J. *et al.* Crossbreeding locally adapted hair sheep to improve productivity and meat quality. **Scientia Agricola** 75, 288-295, 2018.

IBGE. **Pesquisa da Pecuária Municipal – PPM** (2019). Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?edicao=29151&t=destaques>. Acesso em: 5 jan. 2021.

KAZALA E. C. *et al.* Relationship of fatty acid composition to intramuscular fat content in beef from crossbred wagyu cattle. **Journal of Animal Science**, 77, 1717-1725, 1999.

KHLIJI, S. *et al.* Relationship between consumer ranking of lamb colour and objective measures of colour. **Meat Science**, 85, 224–229, 2010.

KINSELLA, J. E.; BROUGHTON, K. S.; WHELAN, J. W. Dietary unsaturated fatty acids: interactions and possible needs in relation to eicosanoid synthesis. **The Journal of nutritional biochemistry**, v. 1, n. 3, p. 123-141, 1990.

KIHARA, A. Very long-chain fatty acids: elongation, physiology and related disorders. **The journal of biochemistry**, v. 152, n. 5, p. 387-395, 2012.

KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica dos ruminantes.** Santa Maria, RS, Brasil: UFSM, 2002.

LLOYD, W. R.; SLYTER, A. L.; COSTELLO, W. J. Effect of breed, sex and final weight on feedlot performance, carcass characteristics and meat palatability of lambs. **Journal of Animal Science**, v. 51, n. 2, p. 316-320, 1980.

LAWRIE, R. A. **Ciência da Carne.** 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v. 57, n. 4, p. 347–358, 1996.

LIMA JÚNIOR, D. M. *et al.* Oxidação lipídica e qualidade da carne ovina. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 7, n. 1, p. 14-28, 2013.

LIU, Y. *et al.* Fat from dairy foods and ‘meat’ consumed within recommended levels is associated with favourable serum cholesterol levels in institutionalised older adults. **Journal of nutritional science**, v. 8, 2019.

LOURENÇO, M.; RAMOS-MORALES, E.; WALLACE, R. J. O papel dos micróbios na lipólise e biohidrogenação ruminal e sua manipulação. **Animal**, 4 (07), 1008–1023, 2010.

MADRUGA, M. S. *et al.* Efeito do genótipo e do sexo sobre a composição química e o perfil de ácidos graxos da carne de cordeiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 1838-1844, 2006.

MAIA, M. O. *et al.* Efeito do genótipo sobre a composição química e o perfil de ácidos graxos da carne de borregas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, p. 986-992, 2012.

MANCINI, R. A.; HUNT, MCy. Current research in meat color. **Meat science**, v. 71, n. 1, p. 100-121, 2005.

MANSBRIDGE, R. J.; BLAKE, J. S. Nutritional factors affecting the fatty acid composition of bovine milk. **British Journal of Nutrition**, v. 78, n. 1, p. S37-S47, 1997.

MARAIS, P. G.; VAN DER MERWE, H. J.; DU TOIT, J. E. J. The effect of compensatory growth on feed intake, growth rate, body composition and efficiency of feed utilization in Dorper sheep. **South African Journal of Animal Science**, v. 21, n. 2, p. 80-88, 1991.

MCGEEHIN, B.; SHERIDAN, J. J.; BUTLER, F. Factors affecting the pH decline in lamb after slaughter. **Meat Science**, v. 58, n. 1, p. 79-84, 2001.

MENTE, A. *et al.* Association of dietary nutrients with blood lipids and blood pressure in 18 countries: a cross-sectional analysis from the PURE study. **The Lancet Diabetes & Endocrinology**, v. 5, n. 10, p. 774-787, 2017.

MERTENS, D. R. Gravimetric Determination of Amylase-Treated Neutral Detergent Fiber in Feeds with Refluxing in Beakers or Crucibles: Collaborative Study. **Journal of AOAC International**, v. 85, p. 1217–1240, 2002.

MERTENS, D. R.; LOFTEN, J. R. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics in vitro. **Journal Dairy Science**, 63, 1437–1446, 1980.

MILTENBURG, G. A. J. *et al.* Relationship between blood hemoglobin, plasma and tissue iron, muscle heme pigment, and carcass color of veal. **Journal of Animal Science**, 70(9), 2766-2772. 1992.

MISSIO, R. L. *et al.* Características da carcaça e da carne de tourinhos terminados em confinamento, recebendo diferentes níveis de concentrado na dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 1610-1617, 2010.

- MORA, N. H. A. P *et al.* Physicochemical characteristics of meat from pantaneiro lambs slaughtered with different of subcutaneous fat thicknesses. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 4, p. 2819-2828, 2015.
- MOURA, C. M. S. *et al.* Different roughage: concentrate ratios and water supplies to feedlot lambs: carcass characteristics and meat chemical composition. **The Journal of Agricultural Science**, v. 157, n. 7-8, p. 643-649, 2020.
- MUCHENJE, V. *et al.* Relationship between pre-slaughter stress responsiveness and beef quality in three cattle breeds. **Meat Science**, v. 81, n. 4, p. 653-657, 2009.
- NASCIMENTO, U. F. S. *et al.* Performance and carcass characteristics of lambs ½ Dorper+ ½ Santa Inês, slaughtered with different thicknesses of subcutaneous fat. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 19, p. 125-135, 2018.
- NATIONAL RESEARCH CAUNCIL. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. 7. ed. rev. Washington: The Nacional Academies Press. 2000.
- NATIONAL RESEARCH CAUNCIL. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**, 7th rev.edn. National Research Council. National Academy Press, Washington, DC, 2001.
- NATIONAL RESEARCH CAUNCIL. **Nutrient Requirements of Small Ruminants** (1st edition). NRC, National Academy Press: Washington, DC, USA, 2007.
- NUERNBERG, K. *et al.* Comparison of diferente methylation methods for the analysis of conjugated linoleic acid isomers by silver ion HPLC in beef lipids. **Journal of Agricultural and Feed Chemistry**. 55: 598-602, 2007.
- OILLIC, S. *et al.* Kinetic analysis of cooking losses from beef and other animal muscles heated in a water bath—Effect of sample dimensions and prior freezing and ageing. **Meat science**, v. 88, n. 3, p. 338-346, 2011.
- OSAWA, C. C. *et al.* Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos. **Química Nova**, v. 28, p. 655-663, 2005.
- OSÓRIO, J. C. D. S.; OSÓRIO, M. T. M.; SAÑUDO C. Sensorial characteristics of sheep meat. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 38 (SPE), 292-300, 2009.
- PEREIRA, E. S. *et al.* Body composition and net energy requirements of Brazilian Somali lambs. **Italian Journal of Animal Science**. v. 13, n. 4, p. 880–886, 2014.
- PEREIRA E. S. *et al.* Effects of different lipid sources on intake, digestibility and purine derivatives in hair lambs. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, 100, 723–730, 2016.
- PEREIRA, E. S. *et al.* Energy and protein requirements of Santa Ines lambs, a breed of hair sheep. **Animal**, 11, 2165–2174, 2017.

PEREIRA, E. S. *et al.* Effect of dietary reduction and sex class on nutrient digestibility, nitrogen balance, excreted purine derivatives and infrared thermography of hair lambs. **The Journal of Agricultural Science**, 156,1028–1038, 2018.

PEREIRA FILHO, J. M. *et al.* Efeito da restrição alimentar no desempenho produtivo e econômico de cabritos F1 Boer x Saanen. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, p. 188-196, 2005.

PONNAMPALAM, E. N. *et al.* Health beneficial long chain omega-3 fatty acid levels in Australian lamb managed under extensive finishing systems. **Meat Science**, v. 96, n. 2, p. 1104-1110, 2014.

PRADO, K. O. *et al.* Principais raças caprinas e ovinas utilizadas no nordeste do Brasil. **IX SEZUS**, UEG, 2017.

QWELE, K. *et al.* Chemical composition, fatty acid content and antioxidant potential of meat from goats supplemented with Moringa (*Moringa oleifera*) leaves, sunflower cake and grass hay. **Meat Science**, v. 93, n. 3, p. 455-462, 2013.

RHEE, K. S. **Fatty acids in meats and meat products**. In Chow, C.K. (2th ed.). Fatty Acids in Feeds and Their Health Implications, p. 83-108. New York: Marcel Dekker Inc, 2000.

RIPOLL, G.; JOY, M.; MUÑOZ, F. Use of dietary vitamin E and selenium (Se) to increase the shelf life of modified atmosphere packaged light lamb meat. **Meat Science**, 87, 88–93, 2011.

ROSANOVA, C.; SILVA SOBRINHO, A. G.; NETO, S. G. A raça Dorper e sua caracterização produtiva e reprodutiva. **Veterinária notícias**, v. 11, n. 1, 2005.

SACKS, F. M.; KATAN, M. Randomized clinical trials on the effects of dietary fat and carbohydrate on plasma lipoproteins and cardiovascular disease. **The American Journal of Medicine**, 113, 13–24, 2002.

SALUEÑA, B. H. *et al.* CIELAB color paths during meat shelf life. **Meat Science**, 157, 107889, 2019.

SANTOS, C. L. *et al.* Desenvolvimento relativo dos tecidos ósseo, muscular e adiposo dos cortes da carcaça de cordeiros Santa Inês. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 2, p. 487-492, 2001.

SANTOS-SILVA, J.; BESSA, R. J.; SANTOS-SILVA, F. Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs. **Livestock Production Science**, 77,187–94, 2002.

SANTOS, V. C. *et al.* Carcass and meat traits of lambs fed by-products from the processing of oil seeds. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 35, p. 387-394, 2013.

SANTOS-ZAGO, L. F.; BOTELHO, A. P.; OLIVEIRA, A. C. Os efeitos do ácido linoléico conjugado no metabolismo animal: avanço das pesquisas e perspectivas para o futuro. **Revista de Nutrição**, v. 21, p. 195-221, 2001.

SENEGALHE, F. B. D. *et al.* Composição química da carne de cordeiros abatidos com diferentes espessuras de gordura subcutânea. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 15, p. 740-753, 2014.

SHI, H. B.; WU, M.; ZHU, J. J.; ZHANG, C. H.; YAO, D. W.; LUO, J.; LOOR, J. J. Fatty acid elongase 6 plays a role in the synthesis of long-chain fatty acids in goat mammary epithelial cells. **Journal of Dairy Science**, 100(6), 4987–4995, 2017.

SILVA, K. B. *et al.* Ruminal and histological characteristics and nitrogen balance in lamb fed diets containing cactus as the only roughage. **Tropical animal health and production** 52, 637-645, 2020.

SILVA SOBRINHO, A. G. *et al.* Características de qualidade da carne de ovinos de diferentes genótipos e idades ao abate. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, p. 1070-1078, 2005.

SNIFFEN, C. J. *et al.* A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II- Carbohydrate and protein availability. **Journal of Dairy Science**, 70, 3562–3577, 1992.

SOUSA, M. A. P. *et al.* Tissue composition and allometric growth of carcass of lambs Santa Inês and crossbreed with breed Dorper. **Tropical animal health and production**, 51, 1903-1908, 2019.

SOUZA, D. A. *et al.* Effect of the Dorper breed on the performance, carcass and meat traits of lambs bred from Santa Inês sheep. **Small ruminant research** 145, 76-80, 2016.

SOUZA, D. A. *et al.* Growth performance, feed efficiency and carcass characteristics of lambs produced from Dorper sheep crossed with Santa Inês or Brazilian Somali sheep. **Small Ruminant Research**, v. 114, n. 1, p. 51-55, 2013.

SOUZA JÚNIOR, E. L. *et al.* Effect of frame size on performance and carcass traits of Santa Inês lambs finished in a feedlot. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 42, 284-290, 2013.

STEPTOE, A.; POLLARD, T.M.; WARDLE, J.. Development of a measure of the motives underlying the selection of food: the food choice questionnaire. **Appetite**, v. 25, n. 3, p. 267-284, 1995.

STURDIVANT, C. A.; LUNT, D. K.; SMITH, G. C.; SMITH, S. B. Fatty acid composition of subcutaneous and intramuscular adipose tissues and *M. Longissimus dorsi* of Wagyu cattle. **Meat Science**, 32, 449–458, 1992.

SUDARMAN, A.; ITO, T. Heat production and thermoregulatory responses of sheep fed different roughage proportion diets and intake levels when exposed to a high ambient temperature. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 13, n. 5, pág. 625-629, 2000.

TANAKA, K. Occurrence of conjugated linoleic acid in ruminant products and its physiological functions. **Animal Science Journal**, 76(4), 291–303, 2005.

- TIKAM, K, *et al.* *In vitro* gas production, in vivo nutrient digestibilities, and metabolisable energy concentrations for sheep of fresh and conserved pangola grass. **Small Ruminant Research** 128, 34-40, 2015.
- ULBRICHT, T. L.; SOUTHGATE, D. A. Coronary heart disease: seven dietary factors. **The Lancet**. 338, 985–992, 1991.
- VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, 74, 3583–3597, 1991.
- VARGAS-BELLO-PÉREZ, E.; LARRAÍN, R. E. Impacts of fat from ruminants' meat on cardiovascular health and possible strategies to alter its lipid composition. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 97, 1969-1978, 2017.
- WANG, BO *et al.* Carcass Traits, Meat Quality, and Volatile Compounds of Lamb Meat from Different Restricted Grazing Time and Indoor Supplementary Feeding Systems. **Foods**, v. 10, n. 11, p. 2822, 2021.
- WARMINGTON, B. G.; KIRTON, A. H. Genetic and nongenetic influences on growth and carcass traits of goats. **Small Ruminant Research**. 3:147-165, 1990.
- WEBB, E. C.; CASEY, N. H.; VAN NIEKERK, W. A. Fatty acids in the subcutaneous adipose tissue of intensively fed SA Mutton Merino and Dorper wethers. **Meat science**, v. 38, n. 1, p. 123-131, 1994.
- WEIHRAUCH, J. L. *et al.* Lipid conversion factors for calculating fatty acid contents of feeds. **Journal of the American Oil Chemists 'Society** 54, 36–40, 1977.
- WEISS, W. P. Symposium: Prevailing concepts in energy utilization by ruminants. Predicting energy values of feeds. **Journal of Dairy Science**, 76, 1802– 1811, 1993.
- WHEELER, T. L.; SHACKELFORD, S. D.; KOOHMARAIE, M. **Shear Force Procedures for Meat Tenderness Measurement**. Roman L. Hruska U. S. Meat Animal Research Center. Agricultural Research Service. United States Department of Agriculture. 2005.
- WOOD, J. D. *et al.* Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. **Meat Science**, 78, 343–358, 2008.
- WOOD, J. D. *et al.* Effects of fatty acids on meat quality: A review. **Meat Science**, 66, 21–32, 2003.
- WOOD, J. D.; ENSER, M. Factors influencing fatty acids in meat and the role of antioxidants in improving meat quality. **British journal of Nutrition**, v. 78, n. 1, p. S49-S60, 1997.
- YÁÑEZ, E. A. *et al.* Utilização de medidas biométricas para predizer características da carcaça de cabritos Saanen. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 1564-1572, 2004.
- YU, S.; DERR, J.; ETHEERTON, T. D.; KRIS-ETHEERTON, P. M. Plasma cholesterol-predictive equations demonstrate that stearic acid is neutral and monounsaturated fatty acids

are hypocholesterolemic. **The American Journal of Clinical Nutrition**, 61, 1129-1139, 1995.

ZAPATA, J. F. F. *et al.* Composição centesimal e lipídica da carne de ovinos do nordeste brasileiro. **Ciência Rural**, v. 31, n. 4, p. 691-695, 2001.

ZEMBAYASHI, M. Effectiveness of morphometric measurements for improvement of the prediction accuracy of beef carcass composition. **Meat Science**, 51, 339–347, 1999.

ZEOLA, N. M. B. L. *et al.* Cor, capacidade de retenção de água e maciez da carne de cordeiro maturada e injetada com cloreto de cálcio. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, n. 4, p. 1058-1066, 2007.